



临床医学专业“十三五”规划教材/多媒体融合创新教材

供临床医学类、护理学类、相关医学技术类专业使用

生物化学

SHENGWUHUAXUE

主编◎马永超

 郑州大学出版社



临床医学专业“十三五”规划教材/多媒体融合创新教材

供临床医学类、护理学类、相关医学技术类专业使用

生物化学

SHENGWUHUAXUE

主编◎马永超

 郑州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/马永超主编. —郑州:郑州大学出版社,
2018.7

ISBN 978-7-5645-5502-3

I. ①生… II. ①马… III. ①生物化学-教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第107133号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路40号

出版人:张功员

全国新华书店经销

郑州龙洋印务有限公司印制

开本:850 mm×1 168 mm 1/16

印张:22

字数:531千字

版次:2018年7月第1版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

印次:2018年7月第1次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-5502-3

定价:49.00元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

作者名单

主 编 马永超
副主编 李先佳 黄川锋 雷 呈
杜秀红 左秀凤
编 委 (按姓氏笔画排序)
马永超 左秀凤 朱宝安
刘晓宁 杜秀红 李先佳
李晓坤 张军要 黄川锋
梁树才 雷 呈

临床医学专业“十三五”规划教材/ 多媒体融合创新教材

建设单位

(以单位名称首字拼音排序)

安徽医学高等专科学校
安徽中医药高等专科学校
安阳职业技术学院
达州职业技术学院
汉中职业技术学院
河南大学
河南护理职业学院
河南医学高等专科学校
河南科技大学
湖南医药学院
黄河科技学院
嘉应学院
金华职业技术学院
开封大学
临汾职业技术学院
洛阳职业技术学院

漯河医学高等专科学校
南阳医学高等专科学校
平顶山学院
濮阳医学高等专科学校
商丘医学高等专科学校
三门峡职业技术学院
山东医学高等专科学校
邵阳学院
襄阳职业技术学院
新乡医学院
新乡医学院三全学院
信阳职业技术学院
邢台医学高等专科学校
永州职业技术学院
郑州澍青医学高等专科学校
郑州大学

前言

为创新高等职业教育人才培养模式,探索职业岗位与专业教学的有机结合,根据高技能应用型人才培养的实际需要,我们组织全国优秀高等职业院校教学和实践经验丰富的教师和药品检验机构人员编写了本书,供高职高专护理、助产、临床医学、口腔医学、药学、医疗美容、康复治疗技术等医药及相关专业学生学习和教师教学使用。

本教材分 17 章,第 1~4 章为大分子的结构与功能,介绍了机体内主要大分子的构成、结构特点及性质;第 5~9 章为物质代谢,介绍糖、脂类、氨基酸、核苷酸的代谢过程及能量代谢相关内容;第 10~14 章为基因信息传递及调控,主要介绍 DNA 的复制、RNA 的合成、蛋白质的翻译过程、基因信息调控、基因与疾病的关系以及常用分子生物学技术;第 15~17 章为肝的生化、水盐代谢及酸碱平衡,主要介绍肝脏在代谢中的作用、生物转化功能、水及重要无机盐的代谢、酸碱平衡等相关内容。为了方便师生使用,每章前设置学习目标,章后设有同步练习,方便师生把握重点,并随时可以进行自我测验。

本书具有以下几个特点:在内容选取上,深入分析高职高专医学生的培养目标及执考内容,删除了部分生物化学纯理论研究相关知识,着重选取与今后医护工作中紧密联系的知识进行编写。在内容的表述上,尽量避免使用复杂的化学反应式,而是使用示意图等简单直观的形式,在语言表述上更注重直观明了。当今世界科学技术突飞猛进,研究成果日新月异,本教材也特别注重内容的先进性,更新部分陈旧内容,适当穿插部分最新的研究成果。在编写过程中,参考、借鉴了一些同行最新的研究成果和文献资料,在此,对各位前辈表示崇高的敬意和衷心的感谢。在编写前期,我们征求和收集了多所院校的教学经验与建议,确定了编写的指导思想和教材特色,经过全体编委伏案创作、互相审读,现如期出版,在此一并致谢各参编院校的大力支持和各位编者的无私奉献。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和错误之处,恳请同行专家和广大师生提出宝贵的建议,以便进行修订,使之不断完善。

编者

2018 年 1 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 生物化学的发展简史	1
第二节 生物化学研究的主要内容	3
第三节 生物化学与医药学的关系	3
第二章 蛋白质的结构与功能	5
第一节 蛋白质的分子组成	5
一、蛋白质的元素组成	5
二、组成蛋白质的基本单位——氨基酸	5
第二节 蛋白质的分子结构	11
一、蛋白质的一级结构	11
二、蛋白质的二级结构	12
三、蛋白质的三级结构	14
四、蛋白质的四级结构	15
第三节 蛋白质结构与功能的关系	16
一、蛋白质一级结构与功能的关系	16
二、蛋白质空间结构与功能的关系	17
第四节 蛋白质的理化性质	17
一、蛋白质的两性解离和等电点	17
二、蛋白质的高分子性质	18
三、蛋白质的沉淀	19
四、蛋白质的变性及凝固	20
五、蛋白质的紫外吸收和呈色反应	21
第五节 蛋白质的分类	22
一、按分子组成分类	22
二、按分子形状分类	22
第三章 维生素	25
第一节 维生素概述	25
一、维生素的命名与分类	25
二、维生素的缺乏与中毒	26

第二节 脂溶性维生素	26
一、维生素 A	27
二、维生素 D	29
三、维生素 E	30
四、维生素 K	31
第三节 水溶性维生素	32
一、维生素 B ₁	32
二、维生素 B ₂	33
三、维生素 PP	35
四、维生素 B ₆	36
五、泛酸	37
六、生物素	38
七、叶酸	39
八、维生素 B ₁₂	40
九、硫辛酸	41
十、维生素 C	41
第四章 酶	44
第一节 酶的概述	44
一、酶的化学组成	44
二、酶的分类和命名	45
第二节 酶促反应的特点	46
第三节 酶的作用机制与调节	48
一、酶的活性中心	48
二、酶原与酶原的激活	49
三、同工酶	49
四、酶的作用机制	51
五、酶活性的调节	52
第四节 影响酶促反应速率的因素	53
一、底物浓度对酶反应速率的影响	53
二、酶浓度对酶反应速率的影响	54
三、温度对酶促反应速率的影响	55
四、pH 值对酶促反应速率的影响	56
五、激活剂对反应速率的影响	56
六、抑制剂对反应速率的影响	56
第五节 酶与医学的关系	58
第五章 糖代谢	63
第一节 糖的概述	63
第二节 糖的分解代谢	65
一、糖酵解	65
二、糖的有氧氧化	70

三、磷酸戊糖途径	76
第三节 糖原的合成与分解	78
一、糖原的合成	79
二、糖原的分解	81
三、糖原合成与分解的生理意义	83
四、糖原合成与分解的调节	83
五、糖原累积症	84
第四节 糖异生作用	84
一、糖异生的作用途径	84
二、糖异生作用的生理意义	86
第五节 血糖及其调节	86
一、血糖的来源与去路	86
二、血糖水平的调节	87
三、糖代谢异常	88
第六章 脂类代谢	91
第一节 脂类的概述	91
第二节 三酰甘油的代谢	94
一、三酰甘油的分解代谢	94
二、三酰甘油的合成代谢	102
第三节 类脂的代谢	105
一、胆固醇的代谢	105
二、磷脂的代谢	109
第四节 血脂与血浆脂蛋白代谢	113
一、血脂	113
二、血浆脂蛋白的分类、组成及结构	114
三、血浆脂蛋白代谢	116
四、临床常见的血浆脂蛋白代谢异常	119
第七章 生物氧化	123
第一节 生物氧化的概述	124
第二节 线粒体氧化体系	124
一、呼吸链的组成与种类	125
二、氧化磷酸化的机制	129
三、影响氧化磷酸化的因素	131
四、线粒体外 NADH 的氧化	133
五、高能化合物的储存与利用	135
第三节 非线粒体氧化体系	136
第八章 氨基酸代谢	140
第一节 蛋白质的营养作用	140
第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败作用	142
第三节 氨基酸的一般代谢	145

一、体内蛋白质的转换更新	145
二、氨基酸的脱氨基作用	148
三、 α -酮酸的代谢	151
第四节 氨的代谢	152
一、体内氨的来源与去路	152
二、氨在血中的转运	153
三、尿素的生成	155
四、高血氨症与肝性脑病	158
第五节 个别氨基酸的代谢	159
一、氨基酸的脱羧基作用	159
二、一碳单位的代谢	161
三、含硫氨基酸的代谢	162
四、芳香族氨基酸的代谢	166
五、支链氨基酸的代谢	168
第九章 核酸的结构、功能与核苷酸代谢	173
第一节 核酸的化学组成	173
第二节 DNA 的结构与功能	177
第三节 RNA 的结构与功能	181
第四节 核酸的理化性质	185
第五节 核苷酸代谢	187
一、嘌呤核苷酸的合成代谢	187
二、嘌呤核苷酸的分解代谢	193
三、嘧啶核苷酸的合成代谢	194
四、嘧啶核苷酸的分解代谢	198
第十章 DNA 的生物合成	201
第一节 DNA 复制的基本规律与体系	202
一、DNA 复制的基本规律	202
二、DNA 复制体系	205
第二节 DNA 复制过程	209
第三节 反转录	211
第四节 DNA 损伤与修复	213
一、DNA 损伤的概念与类型	213
二、引发 DNA 损伤的因素和后果	214
三、DNA 损伤的修复	215
第十一章 RNA 的生物合成	220
第一节 RNA 转录的基本规律与体系	221
一、不对称转录	221
二、RNA 转录体系	221
第二节 原核生物 RNA 转录的过程	225
第三节 真核生物 RNA 转录过程及转录后加工修饰	229

一、真核生物 RNA 转录过程	229
二、转录后的加工修饰	231
第十二章 蛋白质的生物合成	236
第一节 蛋白质生物合成的体系	236
一、参与蛋白质生物合成的原料和酶类	236
二、mRNA 与遗传密码	238
三、rRNA 与核糖体	240
四、tRNA 与氨基酸活化	241
第二节 蛋白质生物合成的过程	242
一、原核生物蛋白质合成过程	242
二、真核生物蛋白质合成过程	246
第三节 蛋白质合成后加工和靶向输送	246
第四节 蛋白质生物合成和医学	249
第十三章 基因表达调控与癌基因	252
第一节 基因表达调控	252
一、原核生物基因表达调控	254
二、真核生物基因表达调控	258
第二节 癌基因与抑癌基因	264
一、癌基因	264
二、抑癌基因	266
三、癌基因和抑癌基因与肿瘤发生	266
第十四章 基因工程	270
第一节 基因工程概述	270
一、基因工程的概念与工具酶	270
二、基因工程的主要步骤	275
三、基因诊断与基因治疗	278
第二节 常用分子生物学技术	278
一、核酸分子杂交	279
二、聚合酶链反应	280
三、基因文库	281
四、DNA 芯片技术	282
第十五章 肝的生物化学	285
第一节 肝在物质代谢中的作用	285
第二节 肝的生物转化作用	288
一、生物转化的概念	288
二、生物转化的类型	289
三、影响生物转化的因素	292
第三节 胆汁与胆汁酸代谢	292
一、胆汁	293

二、胆汁酸代谢	294
第四节 胆色素代谢与黄疸	296
一、胆红素的生成与运输	296
二、胆红素在肝中的代谢	298
三、胆红素在肠中的转变	299
四、血清胆红素与黄疸	300
第十六章 水和电解质代谢	304
第一节 正常人体的体液	304
一、体液的分布与含量	304
二、体液中电解质分布与含量	305
三、体液交换	306
第二节 水和无机盐的功能	308
第三节 水、钠、钾、氯的代谢	309
第四节 钙磷代谢	312
第五节 镁与微量元素的代谢	316
一、镁的代谢	316
二、微量元素的代谢	317
第十七章 酸碱平衡	323
第一节 体内酸碱物质的来源	323
第二节 酸碱平衡的调节	324
一、血液的缓冲作用	324
二、肺对酸碱平衡的调节作用	327
三、肾对酸碱平衡的调节作用	327
四、其他组织细胞对酸碱平衡的调节	330
第三节 酸碱平衡失调	331
参考文献	335



第一章

绪 论

生物化学是研究生物体的化学组成及化学变化规律的科学。它运用化学、物理学、生物学的原理和方法,从分子水平上探讨生命现象的本质,故又称生命化学。生物化学研究的对象是生物体。

第一节 生物化学的发展简史

生物化学是一门既古老又年轻的科学,它的起始研究可追溯至 18 世纪,而在 20 世纪初才成为一门独立学科。此后,随着科学技术的进步,生物化学已有长足的发展,在此期间,确定了物质代谢途径;阐明了核酸结构与功能;确立了遗传信息的中心法则;建立了核酸重组技术,揭示了人类基因组图谱等。这些研究成果必将加深人们对生命本质的认识,极大地推动医药学的发展。1903 年,德国 Neuberg 提出“Biochemistry”而使生物化学成为一门独立的学科。

(一) 叙述生物学阶段(18 世纪中期—19 世纪末期)

此阶段主要研究生物体化学组成。

1. 研究了脂类、糖类及氨基酸的性质、肽键、化学合成多肽 1780—1789 年法国 Lavoisier 研究“生物体内的燃烧”,指出此类“燃烧”耗氧并排出二氧化碳。后人称他是生物化学之父。1830—1842 年德国李比希(Liebig)将食物分为糖、脂、蛋白质类,提出“代谢”一词,证明动物体温形成是食物在体内“燃烧”的缘故,并最先写出两本生物化学相关专著。

2. 发现了核酸、酶 德国科学家 Fischer 首次证明了蛋白质是多肽;发现酶的专一性,提出并验证了酶催化作用的“锁-匙”学说;合成了糖及嘌呤。Fischer 1902 年获诺贝尔奖。

(二) 蓬勃发展阶段(20 世纪初—20 世纪中叶)

此阶段发现多种维生素、激素、酶等;确定主要物质代谢途径。

1937 年,英国 Krebs 提出三羧酸循环和鸟氨酸循环学说,基本确定生物体内主要物质的代谢途径。Krebs 于 1953 年获诺贝尔奖。



(三) 分子生物学阶段(20 世纪后半叶至今)

标志:1953 年, Watson 和 Crick 提出 DNA 双螺旋结构模型。

20 世纪 70 年代:建立了重组 DNA 技术→获得了多种基因工程产品;改造生命 → 基因诊断、基因治疗。例:“克隆羊”的诞生,克隆羊多莉是世界上第一只用已经分化成熟的体细胞(乳腺细胞)克隆出的羊。克隆羊多莉的诞生实际上属于无性繁殖,但是绵羊、猴子和牛等动物没有人工操作是不能进行无性繁殖的。科学家把人工遗传操作动物繁殖的过程叫作克隆,这门生物技术叫作克隆技术(图 1-1)。

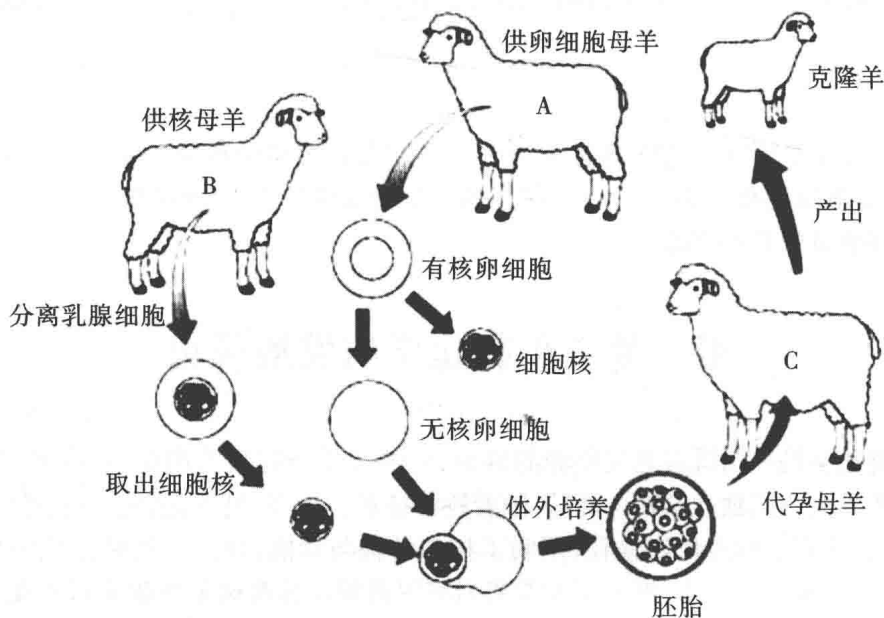


图 1-1 克隆羊多莉

20 世纪 80 年代:聚合酶链式反应(PCR)技术的发明等。例如,人类基因组计划(HPG)——重要里程碑,1986 年提出,1990 年启动,2001 年完成,中国参与了 1%。目的是把人体内约 10 万个基因的密码全部解开,同时绘制出人类基因的谱图。换句话说,就是要揭开组成人体 4 万个基因的 30 亿个碱基对的秘密。人类基因组计划、曼哈顿原子弹计划和阿波罗计划并称为三大科学计划。

解码生命、了解生命的起源、了解生命体生长发育的规律、认识种属之间和个体之间存在差异的起因、认识疾病产生的机制及长寿与衰老等生命现象为疾病的诊治提供科学依据。

一个关键应用是通过位置克隆寻找未知生物化学功能的疾病基因。通过人类的全部基因和蛋白质极大的扩展、并寻找合适药物靶,研究开发新药物。

目前阶段:后基因组时代(功能基因组学、蛋白质组学)。

(四) 我国科学家对生物化学发展的贡献

古代:酿酒、制酱和制醋;猪肝治疗雀目(夜盲症)等。

近代:血滤液的制备和血糖测定法——吴宪;蛋白质变性学说。

新中国成立后:1965 年,首先采用人工方法合成了具有生物学活性的蛋白质即胰



岛素。1981 年又成功合成了酵母丙氨酰即 tRNA。

第二节 生物化学研究的主要内容

生物化学研究的内容十分广泛,但可归纳为以下几个方面。

(一) 人体的物质组成

人体是以细胞为基本单位构成的组织器官所组成,而细胞又是由成千上万种化学物质所组成。人体的物质组成包括蛋白质、核酸、脂类、糖类、维生素、激素等有机物和水、无机盐等无机物。由于蛋白质、核酸、多糖、蛋白聚糖、复合脂类等是体内的大分子有机化合物,故又称生物分子。通常将分子量大于 10^4 的生物分子称为生物大分子。生物大分子是目前生物化学研究的热点之一。

(二) 生物分子的结构与功能

体内的生物分子种类繁多、结构复杂,对生物分子的研究,除了确定其一级结构外,更重要的是研究其空间结构及其与功能的关系。结构是功能的基础,而功能则是结构的体现。蛋白质和核酸复杂而多样的结构,决定其复杂而多样的功能。如生物体的生长、繁殖、遗传、新陈代谢等生命现象都与蛋白质和核酸的分子结构密切相关;酶的催化作用也是其分子结构在功能上的体现。因此学习生物化学,必须熟悉生物分子的化学组成和分子结构,以阐明结构与功能的相互关系。

(三) 物质代谢

生物体的基本特征是新陈代谢,即生物体与外环境的物质交换及维持其内环境的相对稳定。据估计,一个人在一生中(以 60 岁计算)与外环境进行的物质交换,水约 60 000 kg、糖类 10 000 kg、蛋白质 1 600 kg、脂类 1 000 kg。物质代谢为生命活动提供能量,更新体内物质的化学组成。体内各种物质代谢途径都能按一定的规律有条不紊地进行,这与体内神经、激素、酶等各种精确调节有关。研究物质代谢在体内的变化规律及其调节是生物化学的重要内容。

(四) 基因信息的传递及调节

生物体在繁衍个体的过程中,其遗传信息代代相传,是生命现象的又一重要特征。现已明确,遗传的主要物质基础是 DNA,基因是 DNA 分子的功能片段。基因分子生物学除进一步研究 DNA 的结构与功能外,更重要的是研究 DNA 复制、RNA 转录、蛋白质生物合成等基因信息传递过程的机制及基因表达时调控的规律。此过程涉及遗传、变异、生长、分化等生命过程,也与遗传性疾病、肿瘤、心血管病等多种疾病的发病机制有关。所以基因信息传递的研究目前在医药学中的作用越来越重要。

第三节 生物化学与医药学的关系

生物化学与医学的发展密切相关、相互促进。其理论和技术已渗透至基础医学和临床医学的各个领域,使之产生许多新兴的交叉学科,如分子遗传学、分子免疫学、分



子微生物学、分子药理学、分子病理学等。随着近代医学的发展,许多疾病的诊断、治疗和预防也都运用生物化学的理论和技術,并从分子水平上探讨疾病的发生机制。因此,掌握生物化学知识,可为其他医学各学科的学习打下坚实的基础。

生物化学与药学的关系也是十分密切的。了解药物在体内的代谢转化和代谢动力学,在分子水平上探讨药物的作用机制,研究开发和生产生化药物用于疾病的治疗,都需要运用生物化学的理论和技術。

由此可见,生物化学是重要的基础医学学科之一,医药卫生各学科无不运用生物化学的理论和技術,因此掌握生物化学这门基础学科是非常必要的。



同步练习

1. 何谓生物化学?
2. 生物化学研究的对象和内容是什么?
3. 生物化学与医药卫生各学科的关系如何?

(漯河医学高等专科学校 马永超)



第二章

蛋白质的结构与功能

学习目标

- ◆掌握 蛋白质的基本组成单位 L- α -氨基酸的特点、分类,蛋白质一、二、三、四级结构的概念和特点,蛋白质一、二、三、四级结构的化学键。
- ◆熟悉 蛋白质结构与功能的关系及氨基酸、蛋白质的理化性质。
- ◆了解 体蛋白质的分离、纯化与一级结构的测定。

蛋白质是生物体的基本组成成分。人体内蛋白质的含量很多,约占人体固体成分的 45%,它的分布很广,几乎所有的器官组织都含有蛋白质,并且它又与所有的生命活动密切联系。例如,机体新陈代谢过程中的一系列化学反应几乎都依赖于生物催化剂酶的作用,而酶的本质就是蛋白质;调节物质代谢的激素有许多也是蛋白质或它的衍生物;其他诸如肌肉的收缩,血液的凝固,免疫功能,组织修复及生长、繁殖等主要功能无一不与蛋白质相关。近代分子生物学的研究表明,蛋白质在遗传信息的控制、细胞膜的通透性、神经冲动的发生和传导及高等动物的记忆等方面都起着重要的作用。

第一节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成

所有蛋白质都含有碳、氢、氧、氮元素,大多数蛋白质含有硫,有些蛋白质含有磷、铁、铜、锰、锌,个别蛋白质含有碘。各种蛋白质的含氮量很接近,平均为 16%,即 1 g 氮相当于 6.25 g 蛋白质。由于体内的含氮物质主要是蛋白质,因此,只要测定生物样品中的含氮量,就可以按下式推算出该样品中蛋白质的大约含量。

每克样品中含氮克数 $\times 6.25 \times 100 = 100$ g 样品中蛋白质的含量(g)。

二、组成蛋白质的基本单位——氨基酸

蛋白质经酸、碱或蛋白水解酶作用后,最终产物是氨基酸,所以氨基酸是组成蛋白质的基本单位。