

21世纪医学高职高专规范教材

(供社区医学、临床医学、高级护理、妇幼卫生等专业用)

生物 化学

主编 谢诗占
主审 李茂琛



安徽科学技术出版社

21 世纪医学高职高专规范教材
(供社区医学、临床医学、高级护理、妇幼卫生等专业)

生 物 化 学

主 编 谢诗占
主 审 李茂琛
副主编 闫瑞君 宋亚男 吕文华

安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/谢诗占主编. —合肥:安徽科学技术出版社,
2003.5

(21世纪医学高职高专规范教材)

ISBN 7-5337-2657-X

I. 生… II. 谢… III. 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(2003)第 000283 号

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路1号新闻出版大厦)

邮政编码:230063

电话号码:(0551)2825419

新华书店经销 合肥中德印刷培训中心印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.5 字数:390千

2003年5月第1版 2003年5月第1次印刷

印数:4 000

定价:22.00元

(本书如有倒装、缺页等问题,请向本社发行科调换)

21 世纪医学高职高专规范教材

总编辑委员会

主任委员 储崇华

副主任委员 (以姓氏笔画为序)

王文新	王文勇	云华亭	刘卫华	汪光宣
何从军	陈联群	张丽华	姜德才	秦国杰
顾炳余	倪青柏	舒希贵	戴瑞君	

教材编写执行主任 孔繁之

教材编写执行副主任 (以姓氏笔画为序)

王如兰	王维利	沈宗起	李焕章
肖运本	张敏吉	邵更成	周 萍
信长茂	侯振江	谢诗占	

总策划 储崇华

21 世纪医学高职高专规范教材

生物化学

编委会

主 编 谢诗占

主 审 李茂琛

副主编 闫瑞君 宋亚男 吕文华

编 委 (以姓氏笔画为序)

白 光 闫瑞君 祁新芝 宋亚男

吕文华 郭桂萍 谢诗占

编写出版说明

近年来,我国高等卫生职业技术教育、高等医学专科教育和高等医学成人教育(简称高职高专教育)有了很大的发展,一大批中等卫生学校(护校)陆续创办了高职高专教育,开设了高护、社区医学、临床医学、全科医学、妇幼医学、助产医学、口腔医学等专业,开始实现了中等医学教育向高职高专过渡的历史性跨越。为适应医学高职高专教育蓬勃发展的需要,安徽科学技术出版社于2001年冬邀请全国各地医学高职高专学校的校长和多年来在教材建设方面有突出贡献的专家、教授成立了“21世纪医学高职高专规范教材总编辑委员会”,编写出版基础医学及临床医学共33种教材,主要供高护、社区医学、临床医学等专业使用。

本套教材是遵照教育部对高职高专教育人才培养的指示精神,“基础理论知识要适度、技术应用能力强、知识面较宽、素质高等特点”和“要以应用为主旨和特征构建课程和教学内容体系”,使之适应基层一线卫生工作的需要进行编写的。

本套教材具有以下特点:

1. 教材编写原则紧扣教育部2000年5月下发的《五年制高等职业教材计划的原则意见》即“基础课教学以必须、够用为度,以讲清概念,强化应用为教学重点;专业课教学要加强针对性和应用性”。

2. 体现教材编写的五性,即思想性、科学性、先进性、启发性和适用性。特别是在适用性方面,本套教材理论知识的叙述深入浅出,文字简明、通俗易懂,适合相当于高中文化水平的学生使用。

3. 注重基础理论知识与专业课知识的联系。减少了一些演示性、验证性实验,增加了一些临床应用性的实验。

4. 全套教材各章内容之前均列出“内容提要”,为教师的“教”和学生的“学”指明了重点。

5. 教材内容“既要突出人才培养的针对性和应用性,又要让学生具备一定的持续发展能力”。为此,我们对一些新理论知识作了适宜的拓宽。

6. 本套教材的编者大多是医学高职高专学校的各学科学术带头人,有教学校长、教务处主任及各学科主任等,他(她)们均来自教学与临床工作的第一线,使教材增加了适用性。

7. 本套教材的主审均为现行本科教材的主编和国内著名的教授,保证了教材理论知识的科学性。

本书在编写过程中得到全国二十多个省市高职高专学校的领导的支持和帮助,他们不辞辛劳地参加了本套教材的编写工作,在此一并深表谢意!

由于我们的知识有限,时间仓促,医学高职高专教育刚刚起步,缺乏经验,书中难免会有不妥之处,望广大师生和读者批评指正。

21世纪医学高职高专规范教材总编辑委员会

安徽科学技术出版社

2002年8月

前 言

这本为高职医学教育编写的《生物化学》教材是以《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》为依据而编写的。本书的全体编委认真地学习了有关文件，重点讨论了“基础知识要适度”、“基础教学以必须、够用为度，以讲清概念，强化应用为教学重点”等体现高职教育特点的精神应如何体现在教材内容的安排和取舍上；认真讨论了“21 世纪医学高职高专规范教材总编辑委员会”研究拟定的教学大纲，在形成共识的基础上制定了本教材的章节设置和编写提纲，对一些需要适当拓宽的内容用比正文小一号的字标出，以利不同专业的要求和学生课外学习。编者充分地认识到这项工作的艰巨性，特别是对生物化学这门基础课来说，困难尤其显得突出。因此，在时间紧迫的情况下完成编写的这本教材必然存在很多的问题、缺点和错误。在此我们诚恳地希望广大使用本书的教师和学生提出批评和建议。

在本书的编写过程中，我们特别感谢上海医科大学李茂琛教授的大力支持。李教授在工作繁忙中慨然应允担任本书的主审工作，为本书编写提出很多重要的、带有方向性的建议。对李教授的严肃认真的学风和热心医学教育的精神我们表示由衷的感谢。唐山职业技术学院的领导和有关同志在本书编写过程中给予多方面的支持；孔繁之高级讲师在本身工作同样繁重的同时为本书绘制插图；煤炭科学研究院唐山分院童毅同志在电脑技术和绘制部分插图方面给以大力协助，在此一并致以诚挚的谢意。

编 者

2002 年 8 月

目 录

第一章 绪论	1	第三节 酶的作用机理	37
第二章 蛋白质的结构与功能	4	一、降低反应所需的活化能	37
第一节 蛋白质是生命的物质基础	4	二、中间产物学说与诱导契合假说	37
一、蛋白质的化学组成	4	第四节 酶促反应动力学	39
二、氨基酸是蛋白质的基本组成单位	5	一、底物浓度对酶促反应速度的影响	39
三、蛋白质分子内氨基酸的连接方式	7	二、酶浓度对酶促反应速度的影响	40
第二节 蛋白质分子的基本结构和空间结构	8	三、温度对酶促反应速度的影响	40
一、蛋白质的一级结构	9	四、pH 对酶促反应速度的影响	41
二、蛋白质的二级结构	9	五、激活剂对酶促反应速度的影响	41
三、蛋白质的三级结构	13	六、抑制剂对酶促反应速度的影响	42
四、蛋白质的四级结构	14	第五节 酶的调节	45
五、蛋白质各级结构与功能的关系	15	一、酶活性的调节	45
第三节 蛋白质的理化性质及变性作用	16	二、酶含量的调节	47
一、两性电离	16	三、同工酶	48
二、胶体性质	17	第六节 酶的命名与分类	49
三、蛋白质的变性	18	一、酶的命名	49
第四节 蛋白质的分类	18	二、酶的分类	49
一、按组成分类	18	第七节 酶与医学的关系	50
二、按分子形状分类	19	一、酶与疾病的发生	50
三、按功能分类	20	二、酶与疾病的诊断	50
第三章 核酸的结构与功能	21	三、酶与疾病的治疗	51
第一节 核酸的分类与组成	21	第五章 维生素	52
一、核酸的分类	21	第一节 脂溶性维生素	52
二、核酸的化学组成	21	一、维生素 A	52
第二节 核酸的分子结构	22	二、维生素 D	53
一、核苷酸的分子结构	22	三、维生素 E	55
二、DNA 的分子结构	27	四、维生素 K	56
三、RNA 的分子结构	31	第二节 水溶性维生素	57
第四章 酶	34	一、维生素 B ₁	57
第一节 酶促反应的特点	34	二、维生素 B ₂	57
一、酶与一般催化剂的共同点	35	三、维生素 pp	58
二、酶促反应的特点	35	四、维生素 B ₆	59
第二节 酶的分子结构与功能	35	五、泛酸	59
一、酶的化学组成	35	六、生物素	60
二、酶的活性中心与必需基团	36	七、叶酸	60
		八、维生素 B ₁₂	61
		九、维生素 C	62
		第六章 糖代谢	63

第一节 物质代谢概述	63	二、血浆脂蛋白	94
第二节 糖代谢概况	64	三、载脂蛋白	95
一、糖的生理功能	64	四、血浆脂蛋白代谢	95
二、糖的消化吸收	64	五、血浆脂蛋白代谢异常	96
三、葡萄糖吸收后的代谢概况	64	第八章 生物氧化	98
第三节 血糖	65	第一节 有 ATP 生成的氧化体系	98
一、血糖的来源和去路	65	一、线粒体呼吸链	99
二、血糖浓度的激素调节	65	二、氧化磷酸化	104
三、血糖水平异常	66	第二节 其他氧化体系	107
第四节 糖的分解代谢	67	一、需氧脱氢酶和氧化酶	107
一、糖的无氧分解——糖酵解	67	二、过氧化物酶体系	107
二、糖的有氧氧化	69	三、超氧化物歧化酶	108
第五节 磷酸戊糖途径	74	四、微粒体中的氧化酶类	108
一、磷酸戊糖途径的基本过程	74	第九章 氨基酸代谢	109
二、磷酸戊糖途径的生理意义	74	第一节 蛋白质的营养作用	109
第六节 糖原的合成与分解	75	一、氮平衡	109
一、糖原的合成	75	二、蛋白质需要量	110
二、糖原的分解	76	三、蛋白质的营养价值	110
三、糖原合成与分解的调节	77	第二节 蛋白质的消化、吸收和腐败	110
第七节 糖异生	78	一、蛋白质的消化	110
一、糖异生的途径	78	二、氨基酸的吸收	111
二、糖异生的调节	79	三、蛋白质的肠内腐败作用	112
三、糖异生的生理意义	79	第三节 氨基酸的一般代谢	112
第八节 其他糖代谢	81	一、氨基酸的脱氨基作用	112
一、果糖、半乳糖代谢	81	二、氨基酸脱氨基产物的代谢	115
二、糖蛋白及蛋白聚糖	81	三、氨基酸的脱羧基作用	118
第七章 脂类代谢	83	四、一碳单位的代谢	120
第一节 脂类的消化和吸收	84	第四节 个别氨基酸的代谢	122
第二节 甘油三酯的代谢	84	一、含硫氨基酸的代谢	122
一、甘油三酯的合成代谢	84	二、芳香族氨基酸的代谢	124
二、甘油三酯的分解代谢	85	三、支链氨基酸的代谢	125
三、脂肪酸的合成代谢	89	第十章 核苷酸代谢	126
四、多不饱和脂肪酸的重要衍生物—— 前列腺素、血栓烷及白三烯	90	第一节 嘌呤核苷酸的合成代谢	126
第三节 磷脂代谢	90	一、嘌呤核苷酸的从头合成	126
一、甘油磷脂的合成	90	二、嘌呤核苷酸的补救合成	127
二、甘油磷脂的降解	91	三、嘌呤核苷酸的互变和 ATP、GTP 的 生成	129
第四节 胆固醇代谢	91	四、嘌呤核苷酸的抗代谢物	129
一、胆固醇的合成代谢	92	第二节 嘧啶核苷酸的合成代谢	129
二、胆固醇的转化	93	一、嘧啶核苷酸的从头合成	129
第五节 血浆脂蛋白代谢	93	二、嘧啶核苷酸的补救合成	131
一、血脂	93	三、嘧啶核苷酸的抗代谢物	131

第三节 脱氧核糖核苷酸的合成	131	四、翻译后的加工	159
第四节 核苷酸的分解代谢	132	第三节 干扰和抑制蛋白质生物合成的因素	160
第十一章 物质代谢的联系与调节	133	一、抗生素对微生物蛋白质生物合成的抑制	160
第一节 物质代谢的相互联系	133	二、干扰蛋白质生物合成的生物活性物质	160
一、在能量代谢上的相互联系	133	第四节 蛋白质生物合成的调控	160
二、糖、脂类、蛋白质代谢之间的相互联系	134	一、基因转录激活调节的基本要素	161
第二节 组织、器官的代谢特点	135	二、翻译水平的调控	163
一、肝的代谢特点	135	第五节 基因工程与聚合酶链反应	163
二、脑的代谢特点	136	一、基因工程	163
三、心肌的代谢特点	136	二、聚合酶链反应	164
四、肌组织的代谢特点	136	三、PCR 技术与基因工程在医学上的应用	165
五、红细胞的代谢特点	136	第十四章 血液生物化学	166
六、肾的代谢特点	136	第一节 血浆蛋白质	167
七、脂肪组织的代谢特点	136	一、血浆蛋白质的分类	167
第三节 物质代谢的调节	136	二、血浆蛋白质的功能	168
一、细胞水平的调节	136	第二节 红细胞的代谢	170
二、激素水平的调节	138	第十五章 肝的代谢功能	175
三、整体调节	140	第一节 肝在物质代谢中的作用	175
第十二章 DNA 和 RNA 的生物合成	142	一、肝在糖代谢中的作用	175
第一节 DNA 的生物合成 (复制)	143	二、肝在脂类代谢中的作用	175
一、半保留复制	143	三、肝在蛋白质代谢中的作用	176
二、DNA 的损伤与修复	147	四、肝在维生素代谢中的作用	176
第二节 逆转录现象和逆转录酶	148	五、肝在激素代谢中的作用	177
第三节 RNA 的生物合成 (转录)	149	第二节 肝的生物转化作用	177
一、转录的概念和意义	149	一、生物转化的概念	177
二、参与转录的酶	149	二、生物转化反应的主要类型	177
三、转录过程	150	第三节 胆汁与胆汁酸代谢	180
四、转录后的加工和修饰	151	第四节 胆色素的代谢与黄疸	182
第十三章 蛋白质的生物合成	153	一、胆红素的生成与转运	182
第一节 参与蛋白质生物合成的物质	153	二、胆红素在肝中的转变	183
一、mRNA 是蛋白质生物合成的直接模板	153	三、胆红素在肠道中的变化和胆红素的肠肝循环	184
二、tRNA 是转运氨基酸的工具	155	四、血清胆红素与黄疸	186
三、核蛋白体是蛋白质合成的场所	155	第十六章 钙和磷的代谢及微量元素的 功能	188
第二节 蛋白质生物合成的过程	155	第一节 钙、磷代谢	188
一、翻译的起始	155	一、钙、磷的生理功能	188
二、肽链的延长	155		
三、肽链合成的终止	157		

二、钙、磷的吸收与排泄	189	第二节 酸碱平衡的调节	205
三、血钙与血磷	190	一、血液缓冲体系的缓冲作用	205
四、成骨作用与溶骨作用	190	二、肺对酸碱平衡的调节	208
五、钙、磷代谢的调节	191	三、肾对酸碱平衡的调节	208
第二节 镁的代谢	192	第三节 酸碱平衡与电解质代谢的关系	211
一、含量与分布	193	一、酸碱平衡与血钾浓度的关系	211
二、吸收与排泄	193	二、酸碱平衡与血氯浓度的关系	211
三、生理功能	193	三、阴离子间隙	212
第三节 微量元素的功能	193	第四节 酸碱平衡紊乱的血液测定指标及类型	212
一、铁	193	一、判断酸碱平衡紊乱的主要生化指标	212
二、铜	193	二、酸碱平衡紊乱的类型	213
三、碘	194	生物化学实验	215
四、锌	194	生物化学实验基本操作	215
五、锰	195	一、玻璃仪器的清洁、使用及注意事项	215
六、硒	195	二、混匀、过滤、保温与加热	216
七、氟	195	三、实验样品的制备	216
八、钼	195	实验一 电动离心机的使用	217
九、铬	196	实验二 血清蛋白醋酸纤维薄膜电泳	218
十、钴	196	实验三 淀粉酶活性的测定(稀释法)	220
第十七章 体液的生物化学	197	实验四 721-分光光度计的使用	221
第一节 体液的含量与分布及电解质组成	197	实验五 血糖测定(氧化酶法)	224
一、体液的含量与分布	197	实验六 血清脂蛋白预染琼脂糖电泳法	225
二、体液的电解质组成	197	实验七 血清 ALT 活性测定(赖氏法)	227
三、体液的交换	198	实验八 血浆 CO ₂ 结合力测定(滴定法)	228
第二节 体液的平衡	199	《生物化学》教学大纲(草案)	230
一、水的平衡	199	一、课程性质与任务	230
二、钠、氯、钾的代谢	199	二、课程教学目标	230
第三节 体液平衡的调节	201	三、教学内容与要求	230
一、神经系统的调节	201	四、学时分配	234
二、激素调节	201	五、说明	235
第四节 水、电解质平衡紊乱	202		
一、总体水过少(脱水)	202		
二、总体水过多(水中毒)	203		
三、低血钾与高血钾	203		
第十八章 酸碱平衡	204		
第一节 体内酸性和碱性物质的来源	204		
一、酸性物质的来源	204		
二、碱性物质的来源	205		

第一章 绪 论

一

生物化学是以生物体为对象，利用化学的理论和方法研究生物体的化学组成、生物大分子的结构与功能、生物体内进行的物质代谢、生物信息的传递和识别、遗传信息的传递等为内容的科学。由于生物化学的任务是用化学的方法探索生命的本质，所以也被称为生命的化学。

生物的种类繁多，根据研究对象的不同就有了动物生物化学、植物生物化学、微生物生物化学等分支。以人体为研究对象的人体生物化学是医学的一个组成部分，也是医学课程中的一门基础课程。

二

20 世纪初，生物化学脱离有机化学、生理学等学科成为独立的学科，成为 20 世纪发展迅速、极具活力的学科。从 19 世纪末到 20 世纪 50 年代，生物化学取得了一系列重大的进展。阐明了蛋白质、糖和脂类的代谢途径；发现了维生素（目前已确定的维生素有 13 种）；确定了酶的化学本质，到目前为止，已发现生物体内存在的酶有 2 000 余种；对多种激素的生物合成及了解其作用机制等方面取得重大的成果。1950 年以后，对生物大分子如蛋白质和核酸的研究日益深入，胰岛素分子中氨基酸的排序、DNA 双螺旋结构的发现、蛋白质内螺旋结构、折叠结构的发现等，均标志着生物化学已经深入到物质的分子水平，说明人类已经具备从分子水平上探索生命现象的本质的能力。在 DNA 双螺旋结构学说理论的推动下，人们对遗传的物质基础有了明确的认识，并理清了遗传信息的传递方向，使遗传学研究进入分子水平的阶段。人们将以生物大分子的结构、功能及代谢调控等为内容的研究称为分子生物学，它是生物化学向分子水平发展的必然结果。由此产生的一项崭新的技术——基因工程也已达到实用和为人类造福的阶段。

生物化学的发展从一开始就和医学有密切的关系。俗话说“民以食为天”，说明食物对保障人体健康必不可少。膳食结构不合理或缺乏某种人体所需的营养素必然使人患病。早在周秦年代，祖国医学就有关于“完全膳食”的论述，到公元 8 世纪有《食疗本草》等论述膳食疗法的专著出现，一些营养缺乏病如地方性甲状腺肿、脚气病（维生素 B 缺乏症）、夜盲症（维生素 A 缺乏症）等在祖国医学文献中都有记载，并且列出了一些符合现代科学理论的治疗药物。随着自然科学和医学的进步，在 20 世纪前后几十年中陆续发现的维生素使千百万维生素缺乏症病人的生命得到挽救并且有了有效的预防方法。同样，胰岛素的发现，从根本上改变了糖尿病的治疗措施，使糖尿病从过去的不治之症成为可以治疗的疾病。生物化学对酶的研究，使人们认识到很多先天性代谢性疾病是由于人体内不能产生某一种酶（酶缺失）引起的；认识到很多对人体有害的物质是通过抑制酶的活性引起人体中毒的。物质代谢

的研究对研究疾病的病因、发病机制以及疾病的预防和治疗都有重要意义。例如根据重金属离子抑制体内巯基酶的活性的特点，成功地设计出有效的治疗重金属中毒的药物；针对癌细胞内核酸及蛋白质生物合成旺盛的特点，设计出多种阻断癌细胞内合成核酸和蛋白质过程的药物，即治疗肿瘤的抗代谢药物。生物化学在发展过程中也为医学研究和实际工作提供很多有价值的检测手段，例如对血液和其他体液的生化检验项目。

血红蛋白病的发现说明蛋白质分子结构发生异常改变可以引起疾病。所谓“分子病”，就是指因生物大分子结构异常引起的疾病。随着进入分子医学的时代，人们对基因与疾病的关系愈益重视，认识到绝大多数疾病都和基因有关。于是，从1990年开始实施一项人类科学史上的一项伟大工程——人体基因组计划(human genome project)，参加的国家有美、英、日、德、法和中国。于2000年2月公布了人类基因组草图，2001年2月公布了人类基因组图谱。这是人类基因组计划中的里程碑，也是一个新阶段的开始。这项工作作为探索生命现象、疾病的发病机制带来新的动力，在基因诊断、基因治疗、法医鉴定、药物生产、食品制造等方面都将发挥更大的作用。人们预言，21世纪的科学将是生命科学的世纪，这也说明生物化学和分子生物学的发展前景将是极其丰富多彩的。

三

本书共18章，从内容的内在联系上可以分为4个部分。

第一部分是生物大分子的结构和功能，酶和维生素。人体内的化合物种类繁多，可以分为无机物(水和无机盐)和有机物两类。有机物中以蛋白质、核酸、脂质、糖类等含量最多，它们分子量大，往往是由基本单位(可以是同一的也可以是不同的)按一定顺序、一定的方式连接而成。我们将这类化合物称为生物大分子。由于蛋白质和核酸在生命活动中起着特殊作用，所以首先讲述这两种生物大分子的结构以及结构和功能的关系，这也是走向生命科学(当然也包括医学)领域必须迈出的一步。酶是蛋白质，是蛋白质中那些具有催化功能的蛋白质，生物体内的化学反应绝大多数是由酶催化的。因此，酶是生物体进行新陈代谢的保证。通过酶的学习可以更具体地认识到蛋白质的分子结构和功能的关系。维生素是小分子有机物，是人体不可缺少的一类营养素，维生素对人体的作用几乎都和酶有关。

第二部分是糖、脂类、氨基酸、核苷酸的代谢和生物氧化。新陈代谢是生命活动的基本特征之一。它包括物质代谢和能量代谢。人体的正常生长、发育和健康的保持必须摄取食物，才能获得人体必需的营养素(蛋白质、糖、脂类、无机盐、水和维生素)。物质代谢部分将讲述这些物质在体内进行分解代谢和合成代谢的各种途径，以及参与代谢所需的酶及各种辅助因子，代谢途径的调控，代谢途径在细胞内的定位等。物质代谢的紊乱必然使人体的功能活动发生异常进而发生疾病。因此有重点地介绍一些代谢紊乱对人体的影响。物质代谢的内容在医学实际工作中得到广泛的应用。

糖、蛋白质、脂类都有供能的作用，它们主要通过在体内进行氧化分解释放能量。虽然是氧化反应，但生物体内的氧化却有很多特点。此外，供能营养素释放的能量必须以生物体特有的方式处理，才能被机体利用。

人体内的物质代谢是在神经系统和内分泌系统的主导下进行的，以达到整体活动的协调一致。同时在细胞内进行的代谢是互相联系的，是具有自身调节功能的，这些构成了物质代谢调节的主要内容。

第三部分是遗传信息的传递，遗传的物质基础是分布在染色体上的 DNA，基因就是 DNA 分子上有遗传效应的片段。本书按照分子生物学的中心法则确定的遗传信息的传递顺序，分别叙述 DNA 的自身复制，RNA 的转录生成和以 RNA 为模板的蛋白质生物合成以及基因的表达和调控。随着分子生物学的发展，基因对人类的健康和疾病发生等方面的重要性愈来愈被人认识。目前认为绝大多数的疾病都与基因有关。生殖细胞内发生的基因突变引起遗传性疾病；发生在体细胞的基因突变则可导致肿瘤、心血管病、神经精神性疾病等。在一般人的概念中，传染病不过是病原微生物侵入人体然后引起发病，现在认识到，病原体进入人体，等于从外部向人体内注入病原体的特异基因。在对基因的研究不断发展的同时，产生了基因诊断技术，它对于判断个体疾病易感性、器官移植、法医鉴定方面起着重要作用，基因治疗也正在从研究阶段向临床应用过渡。在制药方面，基因工程已经进入投入生产的阶段。

第四部分是组织与体液的生物化学。人体内有各种不同的组织和器官，各种组织和器官在化学组成和代谢方面除具有共性以外，也有自己的特性。了解这些特性对深入了解各器官的功能及其对整体的影响都很重要。肝是人体物质代谢的中心，并有分泌胆汁和排泄的作用，肝又是对内源性和外源性的有害物质进行生物转化功能的器官。了解肝脏的生化功能可以帮助我们认识到如何将一般的代谢规律运用于具体器官的研究，并得出指导医学实践的基本理论。

细胞是生物体形态和功能的单位。细胞结构和功能的正常，依赖于细胞的生存环境的正常。血液和细胞外液是细胞的内环境。由于血液循环周身，体内任何物质代谢的障碍都可以导致血液中化学成分的改变，血液和细胞外液的化学成分的变化，渗透压、酸碱度、容量等方面的改变，也都会影响到细胞的功能。

水和无机盐（包括微量元素）属于人体必需营养素。它们虽然化学结构简单，不像有机物那样有复杂的代谢变化，但它们对维持正常的生命活动、保持代谢的正常进行是非常重要的。它们在体内的分布、存在形式、摄入和排出的途径，对代谢和细胞功能活动的作用等都应是学习的重点。

（谢诗占）

第二章 蛋白质的结构与功能

内容题要

蛋白质作为生物大分子，在生物体的生长、发育、繁殖、遗传等一切生命活动中具有重要作用。组成蛋白质的主要元素是碳、氢、氧、氮。蛋白质是生物体内主要的含氮物质。蛋白质的组成单位是 α -氨基酸。参与蛋白质组成的 α -氨基酸有20种。氨基酸相互以肽键的方式连接成蛋白质多肽链。由于蛋白质分子的结构复杂，国际上通用的方法是对蛋白质的分子结构进行分级描述。一级结构是指蛋白质分子内氨基酸的排列顺序。在一级结构基础上，蛋白质多肽链卷曲折叠形成特有的空间结构（或称三维结构）。空间结构又可分为二级、三级以至四级结构。蛋白质的各级结构是蛋白质功能的基础。蛋白质的生物学活性以及理化性质都和其分子结构密切相关。熟悉并掌握与蛋白质分子结构有关的概念是学习现代医学不可缺少的基础知识。

第一节 蛋白质是生命的物质基础

蛋白质（protein）是由氨基酸组成的一类生物大分子，现代生物化学与分子生物学的研究实践表明，蛋白质和核酸是生命活动中最重要的物质基础。蛋白质是生命活动的主要承担者，一切生命活动都与蛋白质有关，它是生物体的基本组成成分之一，也是含量最丰富的高分子物质。人体结构复杂，含蛋白质种类多达10万余种，约占人体总固体量的45%，各种蛋白质都有其特殊的结构和功能，许多重要的生命现象和生理活动是通过蛋白质来实现的，例如生物催化作用、代谢调节作用、免疫保护作用、物质的转运和贮存作用、运动与支持作用（肌肉的收缩、舒张）、生长、繁殖、遗传和组织修复作用；生物膜功能和细胞信息传递作用；高等动物的记忆和识别方面的作用等。总之，对生物界而言，蛋白质的功能极为广泛，作用十分巨大，没有蛋白质就没有生命，它是生命活动的基础物质。

细胞是人体的结构单位 and 功能单位。在一个细胞内含有种类繁多的蛋白质，用来完成细胞的功能活动。不同类型的细胞，其蛋白质的种类和组成不完全相同。随着人类基因组研究取得重大进展，对深入掌握人体和细胞的全部蛋白质组成及其功能的要求愈益迫切。于是，从1994年以来产生了“蛋白质组学（proteomics）”这一新的研究领域。蛋白质组（proteome）是指细胞中基因组表达的全部蛋白质及其存在形式。蛋白质组学着重于比较正常和疾病时、在生命的不同时期或疾病的不同阶段、给药前后等情况下蛋白质组的变化。根据这些变化找出可以用于提高医药科学水平、造福人类的方法和措施。

一、蛋白质的化学组成

根据蛋白质的元素分析，组成蛋白质分子的元素主要有碳（50%~55%）、氢（6%~7%）、氧（19%~24%）、氮（13%~19%）、硫（0~4%），除此之外，有些蛋白质还含有少量磷或金属元素铁、铜、锌、锰、钴等。个别蛋白质还含有碘、硒等。各种蛋白质的含氮

量十分接近, 平均约为 16%, 这是蛋白质元素组成的一个重要特点, 即 100 g 蛋白质中有 16 g 氮, 那么 6.25 g 蛋白质中有 1 g 氮。欲测定一个生物样品中蛋白质的含量, 则先测定该生物样品蛋白质的氮含量, 便可算出样品中蛋白质的含量:

$$\text{样品中蛋白质的含量} = \text{样品中蛋白质含氮量} \times 6.25 \quad (100/16)$$

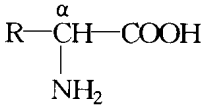
二、氨基酸是蛋白质分子的基本组成单位

在早期的研究中, 蛋白质的水解作用提供了关于蛋白质组成和结构的极有价值的资料, 蛋白质受酸、碱或蛋白酶作用而水解, 逐步降解为多肽、寡肽和三肽、二肽, 最终水解为各种氨基酸的混合物。表明氨基酸是组成蛋白质的基本单位。

(一) 氨基酸的结构特点

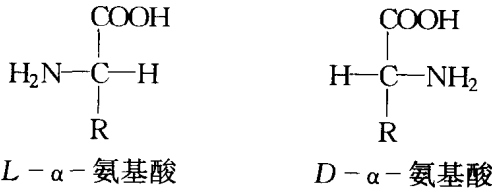
存在于自然界的氨基酸有 300 余种, 但组成人体蛋白质的氨基酸仅有 20 种, 其结构有如下共同的特点。

(1) 蛋白质水解所得到的氨基酸都是 α -氨基酸 (脯氨酸为 α -亚氨基酸), 可以用下面的结构通式表示:



R: 代表氨基酸的侧链基团

(2) 由氨基酸的通式可以看出, 不同的氨基酸其 R 基也各不相同。除了 R 为 H 的甘氨酸外, 其他氨基酸的 α -碳原子都是不对称碳原子, 故具有旋光异构现象, 存在 D 型和 L 型两种异构体。组成天然蛋白质的氨基酸均属 L- α -氨基酸 (甘氨酸除外)。为什么生物在进化过程中选择了 L- α -氨基酸而不是 D- α -氨基酸, 是自然界留给人类的难解之谜。



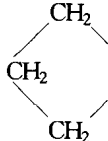
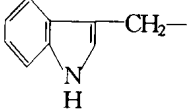
(二) 氨基酸的分类

组成体内蛋白质的 20 种氨基酸, 具有特异的遗传密码, 故称为编码氨基酸, 根据其侧链 R 基团的结构和理化性质通常分成四类 (表 2-1)。

表 2-1 组成蛋白质的 20 种氨基酸的结构、分类及常用符号

分类	名 称	缩写符号		结 构 式		等电点 (pI)
		三字	一字	(侧链 R 基团)	(共同部分)	
	甘氨酸	Gly	G	H—	$\begin{array}{c} \text{—CH—COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5. 97
	丙氨酸	Ala	A	CH ₃ —	$\begin{array}{c} \text{—CH—COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6. 00
	缬氨酸*	Val	V	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{—CH—COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5. 96

续 表

分类	名 称	缩写符号		结 构 式		等电点 (pI)
		三字	一字	(侧链 R 基团)	(共同部分)	
非 极 性 中 性 氨 基 酸	亮氨酸*	Leu	L	$\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-$ CH_3	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	5. 98
	异亮氨酸*	Ile	I	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-$ CH_3	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	6. 02
	苯丙氨酸*	Phe	F	 -CH ₂ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	5. 48
	脯氨酸	Pro	P		$\text{CH}-\text{COOH}$ NH	6. 30
极 性 中 性 氨 基 酸	色氨酸*	Trp	W	 -CH ₂ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	5. 89
	丝氨酸	Ser	S	HO-CH ₂ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	5. 68
	酪氨酸	Tyr	Y	HO-  -CH ₂ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	5. 66
	半胱氨酸	Cys	C	HS-CH ₂ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	5. 07
	蛋氨酸*	Met	M	CH ₃ -S-CH ₂ -CH ₂ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	5. 74
	天冬酰胺	Asn	N	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-$ O	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	5. 41
	谷氨酰胺	Gln	Q	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ O	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	5. 65
	苏氨酸*	Thr	T	$\text{CH}_3-\text{CH}-$ OH	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	5. 60
酸 性 氨 基 酸	天冬氨酸	Asp	D	HOOC-CH ₂ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	2. 97
	谷氨酸	Glu	E	HOOC-CH ₂ -CH ₂ -	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	3. 22
	赖氨酸*	Lys	K	$\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ CH_2-NH_2	$-\text{CH}-\text{COOH}$ NH_2	9. 74