

成人护理专修科教材

生物化学

卫生部护理中心 组织编写

化学工业出版社

成人护理专修科教材

生 物 化 学

卫生部护理中心 组织编写

周爱儒 主 编

卞学琬 副主编

编审人员 周爱儒 章成企 郑荷华

王坚定 秦秀敏 林伟萌

王淑霞 倪允孚 张行海

卞学琬

化 学 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书为成人护理专修科教材之一,是根据1987年9月武汉“全国护理教育研讨会”关于组织编写护理专科教学大纲及统编教材的精神编写的。本书的内容选择、编排顺序及学时安排力求突出大专教育特点。

书中内容包括:1.生物分子的结构与功能(主要介绍蛋白质化学,核酸化学和酶学);2.物质代谢及调节(介绍的是糖、脂类、氨基酸、核苷酸的代谢,生物氧化,物质代谢的联系与调节);3.分子遗传学基础(讲述DNA的生物合成—复制,RNA的生物合成—转录,蛋白质的生物合成—翻译);4.重要组织器官的代谢(介绍肝胆生化,血液生物,临床酶学基础,激素生化,钙磷与骨盐代谢);此外,还有营养生化基础。每章之后还有小结,便于学习。

本书可作为高等医学院校专科、卫生职工医学院、医学专科学校护理、医疗专业的生物化学课程教材;还可供有关人员自学、进修使用。

成人护理专修科教材

生 物 化 学

卫生部护理中心 组织编写

周爱儒 主 编

卞学琬 副主编

责任编辑:孙世斌

封面设计:任 辉

化学工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

一二〇一工厂印刷

新华书店北京发行所经销

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{2}$, 印张 $17 \frac{1}{4}$, 字数415千字
1989年12月第1版 1989年12月北京第1次印刷

印 数 1—10,100

ISBN 7-5025-0681-0/G·179

定 价6.30元

序

成人教育是我国教育的重要组成部分。随着全国成人教育的发展,医学成人教育发展也很迅速,其中护理成人高等教育正日益受到护理界和社会的关注。护理专修科已成为一个独立的教学层次,在普通高等医学院校和成人高校中显示着自己的生命力。

我国的护理队伍大多数只受过中等医学教育。有的甚至还没有受过正规的教育。在实际工作中很多人感到所学的知识已经不能适应日新月异发展着的现代医学对临床的护理、教学和科研工作的要求。提高这支队伍的文化、技术、业务素质,已是护理成人高等教育的重要任务之一。护理成人高等教育存在着很多困难,其中教材编写是迫切需要解决的首要工作。而这套《成人护理专修科教材》就是在这种形势下组织编写的。它主要是为受过中等教育的护士继续提高而服务的。这套教材避免了与中专教材的重复,也避免了目前使用医学生教材的弊端,加强了专业针对性,注重了临床实用性,是一套适合成人专修科教育的教材。本书还注重了成人、在职的特点,函授与自学也可以采用,对于中等护校的教师也是很好的教学参考书。这套教材共计12本,它的内容包括基础、临床护理(内科、外科、妇产科、小儿科)以及心理护理教程等。

为筹编这套教材,邀请了20个普通高等医学院校、职工医学院校、中级卫校的70名教师 and 护理专家参加编写工作。在编写过程中,专家们精心研究,细致推敲,保证了这套教材的科学性、系统性和严肃性。编写的内容是符合我国实际情况和当前水平的。希望各位护理专家、教师、学生在使用这套教材的过程中,对这套教材存在的问题和不足,随时提出宝贵意见。

中华人民共和国卫生部部长

陈敏章

1989年6月

编写说明

本书是根据1987年9月武汉全国护理教育研讨会关于组织编写护理专科教学大纲及统编教材的精神编写的，供全国高等医学院校专科、卫生职工医学院、医学专科学校的护理、医疗等专业使用。

根据教学大纲的要求，本书在内容上突出大专教育的特点，力求紧密联系医学实践。本书包括了教学要求的生物化学课程内容，但使用时应结合本身之特点有所侧重。根据本系列教材的统一安排，水电解质代谢及酸碱平衡的内容在病理生理课程中讲授，血液的凝固、纤溶、气体运输及肾脏的有关内容在生理课程中讲授。

化工出版社受卫生部护理中心的委托承担了本书的出版任务，化工出版社的几位编辑为此付出了辛勤的劳动，在此一并表示感谢。

由于我们的水平有限，加之时间仓促，本书难免存在缺点、错误，敬请使用本书的师生或其他读者予以批评指正，以供再版时修改。

编者

一九八九年三月

目 录

第一部分 生物分子的结构与功能

第一章 蛋白质化学	1
第一节 蛋白质分子组成	1
一、元素组成	1
二、基本结构单位——氨基酸	3
三、蛋白质分类	3
第二节 蛋白质分子结构	4
一、蛋白质的一级结构	4
二、蛋白质分子构象	5
三、蛋白质的二级结构	5
四、蛋白质的三级结构	6
五、蛋白质的四级结构	7
第三节 蛋白质结构与功能的关系	7
一、蛋白质一级结构与功能的关系	7
二、蛋白质分子构象与功能的关系	9
第四节 蛋白质的理化性质	9
一、两性游离及等电点	9
二、高分子性质	10
三、变性	11
四、沉淀	12
五、蛋白质显色反应	12
第二章 核酸化学	15
第一节 核酸的分布与分子组成	15
一、核酸的分布	15
二、核酸的分子组成	15
第二节 DNA分子结构	19
一、DNA的碱基组成规律	19
二、DNA的一级结构	19
三、DNA的二级结构	20
四、DNA的三级结构	21
第三节 RNA分子结构	22
一、RNA类型	22
二、RNA的碱基组成	22
三、RNA分子结构	22
第四节 核酸的理化性质	24
一、核酸的分子大小与粘度	24
二、核酸的紫外吸收	24
三、核酸的变性、复性与杂交	24
第三章 酶 学	27

第一节 酶的作用特点	27
一、高度催化效率	27
二、高度专一性	27
三、高度不稳定性	28
第二节 酶的结构与活性	28
一、酶的化学组成	28
二、酶的活性中心和必需基团	29
三、酶原与酶原激活	30
四、同工酶	31
第三节 酶的作用原理	32
一、酶作用降低反应活化能	32
二、中间产物学说	32
第四节 酶催化反应的动力学	33
一、温度的影响	33
二、pH的影响	33
三、酶浓度的影响	34
四、底物浓度的影响	34
五、抑制剂的影响	35
六、激动剂的影响	38
第五节 酶的命名和分类	38
一、酶的命名	38
二、酶的分类	39

第二部分 物质代谢及调节

第四章 糖代谢	41
第一节 糖在体内的一般动态	41
一、糖的消化与吸收	41
二、糖的运输和血糖	42
三、糖的贮存和利用	43
第二节 糖的分解代谢	43
一、糖的无氧分解	43
二、糖的有氧氧化	46
三、磷酸戊糖途径	50
第三节 糖原的合成与分解	52
一、糖原的合成	53
二、糖原的分解	53
第四节 糖的异生作用	54
一、糖异生的途径	55
二、糖异生的生理意义	56
第五节 糖代谢的调节	56

一、对糖酵解和有氧氧化的调节	56
二、磷酸戊糖途径的调节	57
三、糖原合成与分解的调节	57
四、糖异生作用的调节	58
第六节 糖代谢障碍	59
一、高血糖及糖尿	59
二、糖耐量与糖耐量试验	60
三、低血糖	60
第五章 脂类代谢	63
第一节 脂类的分布和生理功用	63
一、脂肪的分布和生理功用	63
二、类脂的分布和生理功用	63
第二节 脂类的消化和吸收	63
一、脂类的消化	63
二、脂类的吸收	64
第三节 血脂	65
一、血脂的种类和含量	65
二、血浆脂蛋白	65
第四节 甘油三酯的中间代谢	69
一、甘油三酯的水解	69
二、甘油的代谢	69
三、脂肪酸的氧化	70
四、酮体的生成和利用	71
五、甘油三酯的合成代谢	73
六、甘油三酯的代谢调节	77
第五节 磷脂的代谢	77
一、甘油磷脂的合成	77
二、甘油磷脂的分解	79
三、甘油磷脂与脂肪肝	79
第六节 胆固醇的代谢	79
一、胆固醇的酯化	79
二、胆固醇的合成	80
三、胆固醇在体内的代谢转变与排泄	81
第六章 生物氧化	83
第一节 生物氧化的特点、方式和酶类	83
一、生物氧化的特点	83
二、生物氧化的方式和酶类	83
第二节 呼吸链的组成与作用机理	85
一、呼吸链的组成及作用机理	85
二、主要的呼吸链	87
三、线粒体外NADH的氧化	88
第三节 ATP的生成与能量的转换及利用	89
一、高能键与高能化合物	90
二、ATP的生成	90
三、ATP与能量的释放、贮存和利用	

.....	82
第四节 非线粒体氧化体系	93
一、微粒体氧化体系	93
二、过氧化物酶体氧化体系	94
第五节 二氧化碳的生成	95
一、 α -脱羧	95
二、 β -脱羧	95
第七章 氨基酸代谢	97
第一节 氨基酸代谢概况	97
一、氨基酸的生理功用	97
二、氨基酸代谢概况	97
第二节 蛋白质的消化、吸收与腐败作用	98
一、蛋白质的消化作用	98
二、氨基酸的吸收作用	99
三、大肠中氨基酸的腐败作用	100
第三节 氨基酸的一般代谢	102
一、氨基酸的脱氨基作用	102
二、氨的代谢	104
三、 α -酮酸的代谢	109
四、氨基酸脱羧基作用	109
第四节 个别氨基酸的代谢	111
一、一碳单位的代谢	111
二、含硫氨基酸代谢	116
三、苯丙氨酸与酪氨酸代谢	117
四、支链氨基酸代谢	119
第八章 核苷酸代谢	121
第一节 核酸的消化与吸收	121
第二节 核苷酸的代谢	121
一、核苷酸的合成代谢	121
二、核苷酸的分解代谢	130
第九章 物质代谢的联系与调节	134
第一节 物质代谢的相互联系	134
一、糖代谢与脂肪代谢的相互联系	134
二、糖代谢与蛋白质代谢的相互联系	134
三、脂肪代谢与蛋白质代谢的相互联系	134
四、核酸与其它物质代谢的相互联系	135
第二节 物质代谢的调节	135
一、细胞水平的调节	135
二、激素水平的调节	140
三、物质代谢的整体调节	145

第三部分 分子遗传学基础

第十章 DNA的生物合成—复制	148
-----------------	-----

第一节 DNA 的复制.....148	二、肝脏在脂类代谢中的作用173
一、DNA 复制的方式.....148	三、肝脏在蛋白质代谢中的作用173
二、参与复制的酶类149	四、肝脏在维生素代谢中的作用174
三、DNA 复制的过程.....150	五、肝脏在激素代谢中的作用174
第二节 DNA 的损伤与修复.....152	第二节 肝脏的生物转化作用175
第三节 逆转录过程152	一、生物转化作用概述175
第四节 基因工程152	二、生物转化的反应类型175
一、目的基因的获得153	三、生物转化的特点178
二、目的基因的转移153	第三节 胆汁与胆汁酸盐代谢178
三、目的基因的表达154	一、胆 汁178
第十一章 RNA 的生物合成—转录.....155	二、人类胆汁中的胆汁酸179
第一节 转录体系155	三、胆汁酸的代谢179
一、DNA 模板.....155	第四节 胆红素代谢182
二、DNA 指导的RNA聚合酶.....156	一、胆红素的来源、生成和转运182
第二节 转录过程156	二、胆红素在肝细胞内的代谢183
一、起始阶段156	三、胆红素在肠道中的变化及胆素 原的肠肝循环186
二、链的延长157	四、肾脏对胆红素的排泄186
三、链的终止157	五、血清胆红素及胆红素代谢异常186
第三节 转录后的加工过程158	第五节 常用肝功能试验的原理及 临床意义187
一、信使RNA的加工158	一、检测胆色素代谢的指标187
二、转运RNA的加工158	二、检测蛋白质代谢变化的指标188
三、核蛋白体RNA的加工159	三、检测血清中某些酶活性变化的 指标189
第十二章 蛋白质的生物合成160	四、检测肝脏生物转化和排泄功能 的指标189
第一节 蛋白质生物合成体系160	第十四章 血液生化191
一、mRNA与遗传密码161	第一节 血液的化学成分191
二、氨基酸的“搬运工具”—tRNA162	一、概 述191
三、肽链合成的“装配机”—核蛋白 体163	二、血浆蛋白质193
第二节 蛋白质生物合成过程163	三、血液非蛋白含氮物质195
一、氨基酸的活化与搬运163	第二节 红细胞的代谢197
二、肽链合成的起始164	一、血红蛋白的生物合成197
三、肽链的延长164	二、成熟红细胞的代谢特点200
四、肽链的终止166	第三节 铁代谢203
五、翻译后的加工167	一、铁的生理功能203
第三节 蛋白质合成的调节168	二、含量和分布203
一、转录水平的调节168	三、吸收与排泄203
二、翻译水平的调节170	四、铁的运输、利用和贮存204
第四节 蛋白质生物合成与医学170	第十五章 临床酶学基础208
一、分子病170	第一节 酶与疾病发生的关系208
二、抗生素对蛋白质合成的影响170	一、酶缺陷所致的疾病206
	二、酶活性被抑制所致的疾病207
	第二节 酶在疾病诊断上的应用207
第四部分 重要组织器官的代谢	
第十三章 肝胆生化172	
第一节 肝脏在物质代谢中的作用172	
一、肝脏在糖代谢中的作用172	

一、血清酶类	207	二、前列腺素的分类	231
二、疾病时血清酶活性改变的机理	208	三、前列腺素的生物学作用及临床应用	233
三、几种酶活性测定的临床意义	208		
四、酶活性的测定	210	第十七章 钙磷与骨盐代谢	235
第三节 酶在疾病治疗与诊断上的应用	211	第一节 钙磷的含量、分布及生理功用	235
一、消炎、消肿酶类	211	一、钙磷在体内的含量及分布	235
二、纤溶酶类	212	二、钙磷的生理功用	235
三、促凝酶类	212	第二节 钙磷的吸收与排泄	236
四、解毒酶类	212	一、钙的吸收与排泄	236
五、抗肿瘤酶类	212	二、磷的吸收与排泄	236
六、诊断酶类	212	第三节 血钙与血磷	237
七、其它	212	一、血 钙	237
第十六章 激素生化	214	二、血 磷	237
第一节 甲状腺激素	214	第四节 骨的生成与骨的溶解	238
一、甲状腺激素的化学与生物合成	214	一、骨的生成(成骨作用)	238
二、甲状腺激素的分泌、运输及降解	216	二、骨的溶解(溶骨作用)	238
三、甲状腺激素对代谢的调节作用	216	第五节 钙磷代谢的调节	238
四、甲状腺分泌的调节	217	一、维生素 D	239
五、甲状腺的常见疾病及功能检查	218	二、甲状旁腺素(PTH)	240
第二节 胰岛素和胰高血糖素	219	三、降钙素(CT)	242
一、胰岛素	219	第六节 钙磷代谢紊乱	242
二、胰高血糖素	220	一、低血钙症	242
第三节 肾上腺髓质激素	221	二、高血钙症	243
一、化 学	221	三、低血磷症	243
二、儿茶酚胺的生物合成	221	四、高血磷症	243
三、儿茶酚胺的贮存、释放与降解	222	第十八章 营养生化基础	245
四、对代谢的调节作用	222	第一节 营养素及其主要功能	245
第四节 肾上腺皮质激素	223	第二节 机体的能量需要	246
一、肾上腺皮质激素的化学及生物合成	223	一、呼吸商	246
二、糖皮质激素的运输、灭活、对代谢的影响及分泌的调节	223	二、人体能量的消耗	246
三、盐皮质激素对代谢的影响	225	三、人体对能量的需要和供给标准	247
四、肾上腺皮质激素分泌异常	225	第三节 糖类、脂类及蛋白质的营养	246
第五节 性激素	226	一、糖类的营养价值	248
一、雄性激素	226	二、脂类的营养价值	248
二、雌性激素	227	三、蛋白质的营养价值	249
三、胎盘激素	229	第四节 维生素的营养	251
第六节 生长素	229	一、维生素 A	251
一、生长素的化学	229	二、维生素 D	253
二、生长素对代谢的影响	230	三、维生素 E	253
三、生长素分泌的调节	230	四、维生素 K	254
四、生长素分泌异常	231	五、维生素 B ₁	254
第七节 前列腺素	231	六、维生素 B ₂	255
一、前列腺素的化学结构	231	七、维生素 PP	255
		八、维生素 B ₆ 、维生素 B ₁₂ 、叶酸、	

生物素、泛酸	255	二、硒	262
九、维生素 C	261	三、碘	262
第五节 无机盐的营养	261	四、镁	263
一、锌	262	五、其他微量元素	263

第一部分 生物分子的结构与功能

生物体,包括人体,是由多种物质按严格的规律而组成的。据测定,人体的物质组成约含水55~67%,蛋白质15~18%,脂类10~15%,无机盐3~4%及糖类1~2%。此外还有核酸及多种具有生物学活性的小分子化合物,如维生素、激素等。人们通常将分子较大而结构复杂的如蛋白质、核酸、脂类、糖类等称为生物分子。蛋白质是生命的物质基础,具有多种重要的生理功能;核酸是遗传的物质基础,决定着遗传信息的传递;酶是具有生物催化剂的蛋白质,催化体内各种物质代谢的进行。本部分内容着重介绍蛋白质、核酸、酶的分子结构与功能。重点是要放在了解这些生物分子具有哪些基本的结构,哪些重要的性质与生理功能,以及其结构与功能有什么关系等问题。同时要随时注意将它们进行比较,这样既便于理解,也有利于记忆。有关糖类及脂类的化学已在化学课程中讨论,在此不再重复。

(周爱儒)

第一章 蛋白质化学

蛋白质(Protein)是生物体内含量最多的高分子化合物。例如,人体各组织中蛋白质平均含量约为17~20%,占人体干重的45%左右。蛋白质主要由氨基酸组成。由于蛋白质的氨基酸组成、排列不同,蛋白质的种类繁多。人体内所含蛋白质种类估计达十万种以上,而整个生物界蛋白质约有一百多亿种。蛋白质的生理功能是多种多样的,例如催化体内化学反应的酶是蛋白质;调节物质代谢的某些激素是蛋白质或多肽;机体的各种活动也依赖构成肌肉组织的蛋白质;对于某些物质在血液中的运输也离不开蛋白质;能与外来的特异性抗原起免疫反应而保护机体的抗体又是蛋白质;还有凝血与抗凝血作用等都与蛋白质有关。所以说蛋白质是各种生命现象的主要物质基础。

第一节 蛋白质分子组成

蛋白质是高分子化合物,分子量大,结构复杂,并且具有许多重要的性质。为了更好地理解蛋白质这些特性,首先要了解它们的分子组成。

一、元素组成

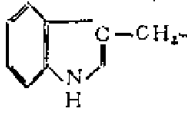
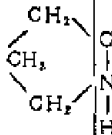
虽然蛋白质种类极多,但各种蛋白质的元素组成却很相似。一般蛋白质含碳50~55%、氢6~8%、氧19~24%、氮13~19%、硫4%以下;此外,某些蛋白质还含有少量的磷或金属元素,个别蛋白质尚含有碘。由此可见,碳、氢、氧、氮四种元素是构成蛋白质的主要成分。特别需要提出的是,各种蛋白质的含氮量颇为接近,即平均含氮量为16%左右,1g蛋白氮相当于6.25g蛋白质。由此可按下式计算出各种生物组织中蛋白质的大致含量:

每百克生物样品中蛋白质含量=(每克样品中蛋白质含氮克数) $\times 6.25 \times 100$

如现有某生物样品50g,经测定其含氮量为4.5g,求该样品蛋白质百分含量。

表1-1 组成蛋白质的氨基酸

氨基酸名称	缩写符号	结 构 式		等电点 (pI)
		侧 链 R 基 团	共 同 部 分	
1. 谷氨酸	谷, Glu, E	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	3.22
2. 天冬氨酸	天, Asp, D	$\text{HOOC}-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2.77
3. 赖氨酸	赖, Lys, K	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	9.74
4. 精氨酸	精, Arg, R	$\text{H}_2\text{N}-\text{C}(\text{NH})=\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	10.67
5. 组氨酸	组, His, H	$\begin{array}{c} \text{CH}=\text{C}-\text{CH}_2- \\ \quad \\ \text{N} \quad \text{NH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	7.59
6. 甘氨酸	甘, Gly, G		$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.97
7. 丝氨酸	丝, Ser, S	$\text{HO}-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.88
8. 苏氨酸	苏, Thr, T	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}- \\ \\ \text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.60
9. 酪氨酸	酪, Tyr, Y	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.66
10. 半胱氨酸	半, Cys, C	$\text{HS}-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.07
11. 天冬酰胺	天, Asn, N	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.41
12. 谷氨酰胺	谷, Gln, Q	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \\ \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.65
13. 丙氨酸	丙, Ala, A	CH_3-	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6.02
14. 缬氨酸	缬, Val, V	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.98
15. 亮氨酸	亮, Leu, L	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.98
16. 异亮氨酸	异, Ileu, I	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	6.02
17. 苯丙氨酸	苯, Phe, F	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.48

氨基酸名称	缩写符号	结 构 式		等电点 (pI)
		侧 链 R 基 团	共 同 部 分	
18. 色氨酸	色, Trp, W		$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.89
19. 甲硫氨酸	蛋, Met, M	$\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	$\begin{array}{c} \text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	5.74
20. 脯氨酸	脯, Pro, P		$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{H} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array}$ 为亚氨基	6.30

$$4.5 + 50 \times 6.25 \times 100 = 58.25(\text{g}\%)$$

二、基本结构单位——氨基酸

蛋白质用酸、碱或酶进行水解,最后可以得到20余种氨基酸。除脯氨酸外,这些氨基酸在结构上的共同特点是,与羧基相邻的 α -碳原子上都有一个氨基,因此称它们为 α -氨基酸。结构通式如下:



根据氨基酸分子中侧链R基的极性性质,组成蛋白质的20种常见氨基酸可分为下列四大类(表1-1):

1. 酸性氨基酸(表中1~2氨基酸)——侧链R基中含有羧基,如谷氨酸、天冬氨酸。
2. 碱性氨基酸(表中3~5氨基酸)——侧链R基中含有氨基(赖氨酸)、胍基(精氨酸)、咪唑基(组氨酸)。
3. 极化中性氨基酸(表中6~12氨基酸)——这一组共有七种氨基酸。侧链R基呈中性但带有极性基团,如羟基、酰胺基或巯基。由于极性基团能与水分子形成氢键,所以极化中性氨基酸一般都有较好的水溶性。
4. 非极化中性氨基酸(表中13~20氨基酸)——这一组共有八种氨基酸。侧链R基呈中性而具疏水性,所以它们在水中的溶解度比极化中性氨基酸要小。

三、蛋白质分类

蛋白质分子的结构非常复杂,目前对大多数蛋白质的化学结构尚未阐明,因此无法对蛋白质按其化学结构进行分类。通常可将蛋白质分成两大类:(1)单纯蛋白质,是指单纯由 α -氨基酸组成的蛋白质,如清蛋白、球蛋白等。(2)结合蛋白质,是指其组成中除了蛋白质部分外,还有非蛋白质成分(称辅基),与蛋白质结合在一起,如核蛋白、色蛋白等(表1-2)。由于分析方法的进步,过去被认为的许多单纯蛋白质现在证明也含有微量的非蛋白质

二、蛋白质分子构象

蛋白质分子并不是一条走向随机的松散肽链，而各自具有特定的空间结构，即构象。维持蛋白质分子构象的化学键有氢键、疏水键、离子键、范德华 (Van der Waals) 引力，此外二硫键也有重要作用 (图 1-3)。构象是蛋白质分子表现其生物功能所必需的。肽键具有部分双键性质，不能自由旋转。肽键上四个原子与相邻两个 α -碳原子位于同一平面上，此平面称肽键平面，又称酰胺平面 (图 1-4)。肽键平面是蛋白质构象的基本结构单位。在肽链中，相邻两个肽键平面可围绕 α -碳原子自由旋转，形成多种状态的立体结构，这就是蛋白质构象的来源。

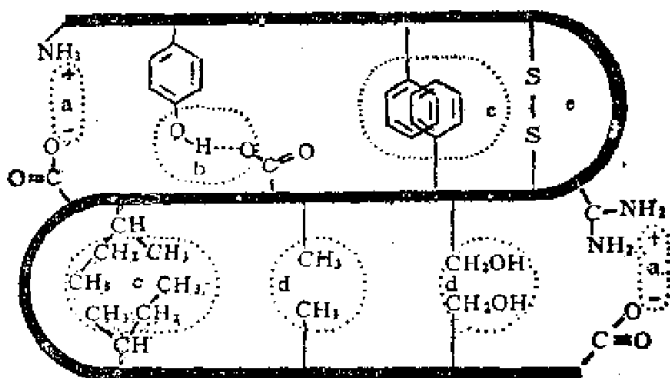


图1-3 维持蛋白质分子构象的各种化学键
(a) 离子键；(b) 氢键；(c) 疏水键；(d) 范德华引力；(e) 二硫键

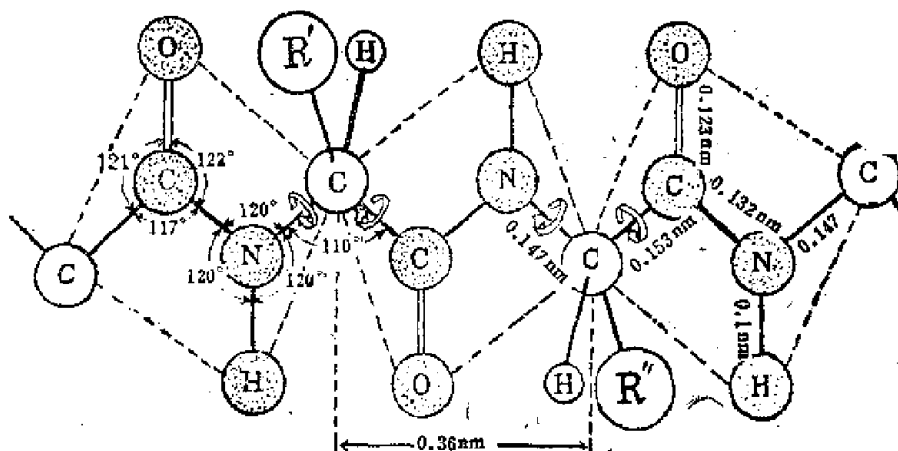


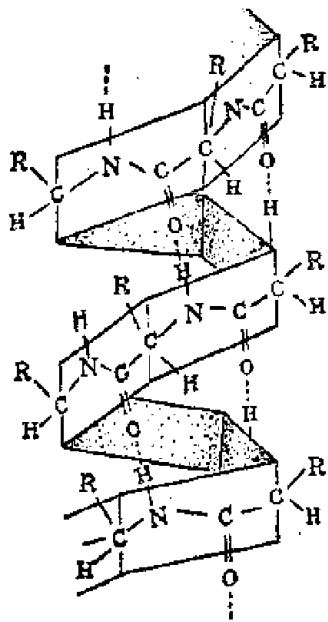
图1-4 肽键平面

三、蛋白质的二级结构

蛋白质分子的二级结构是指多肽链本身的折叠与盘绕方式。二级结构由各肽键之间的氢键稳定。常见的二级结构有 α -螺旋与 β -片层结构两种类型。

(一) α -螺旋

多个肽键平面可通过氨基酸的 α -碳原子发生旋转，盘曲成稳定的有规则的右手螺旋 (图 1-5)。多肽链呈螺旋上升，每 3.6 个氨基酸残基上升一圈。肽键平面与螺旋长轴平行。肽链中氨基酸残基侧链 R 分布在螺旋外侧，其形状、大小和电荷等因素都影响 α -螺旋的形成与稳定程度。较大的 R (如苯丙氨酸、色氨酸和异亮氨酸) 集中的区域因产生位阻，妨碍 α -螺旋的形成；酸性或碱性氨基酸集中的区域，由于同性电相斥，不利于 α -螺旋的形成；一般说，肽链中遇到甘氨酸或脯氨酸残基时，也不能形成典型的 α -螺旋。各种蛋白质分子中 α -螺旋构象所占比例并不相同，如肌红蛋白分子中 α -螺旋占 77% 左右，溶菌酶约占 10%，糜蛋白酶仅

图1-5 蛋白质分子中的 α -螺旋

占5%。

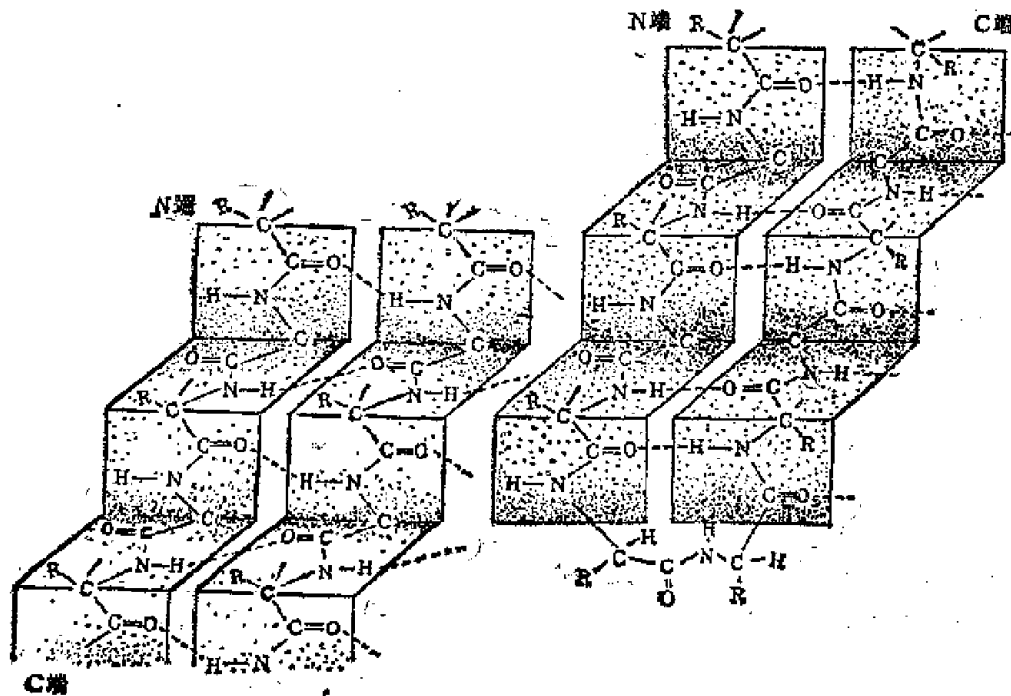
(二) β -片层(或称 β -折叠)

肽键平面之间不但可形成 α -螺旋,而且肽键平面之间还可以折叠成锯齿状,形成相当伸展的 β -片层结构(图1-6)。它是靠两条肽链或一条肽链内二肽段之间的 $C=O$ 与 $N-H$ 形成氢键,使构象稳定。两条肽链从N端到C端若同方向时,称顺平行的 β -片层;若方向相反时,称反平行的 β -片层。氨基酸残基上侧链R分布在片层锯齿的上下。

没有确定规律性的那部分肽链构象,其中肽键平面不规则排列,属于松散的无规线团。 α -螺旋、 β -片层及无规线团均属于蛋白质的二级结构。

四、蛋白质的三级结构

蛋白质分子的三级结构是指蛋白质分子内所有原子的空间排列,但不包括亚基间的空间排列。即在二级结构基础上的肽链,在三维空间中沿多个方向作进一步盘曲或折叠所形成的立

图1-6 蛋白质分子中的 β -片层结构

体结构。三级结构主要靠多肽链侧链上各种功能基团之间所形成的副键来维持稳定,包括疏水键、氢键、离子键和二硫键等(图1-3)。其中疏水键,因数量多,对维持蛋白质的三级结构起着特别重要的作用。二硫键也起重要作用,但有的蛋白质分子中没有二硫键,所以没有普遍意义。图1-7表示肌红蛋白分子的三级结构,它由153个氨基酸残基组成的肽链和一个血红素辅基所构成,肽链共折叠成八个 α -螺旋段。拐角处都有一段1~8个氨基酸残基的松

散肽链，多数都为脯氨酸残基所占有（不能形成 α -螺旋）。此外，具有极性基团侧链的氨基酸几乎全部分布在蛋白质分子表面，而非极性的残基被埋在分子内部，由此使肌红蛋白具有水溶性。

蛋白质按形状大体可分为两大类：1.纤维状蛋白质，多指蛋白质分子的长轴比短轴大5~10倍以上者，如胶原、丝心蛋白等。2.球状蛋白质，指蛋白质分子长轴与短轴相差较小，呈球状或椭球状，如清蛋白、球蛋白、胰岛素和酶分子等。

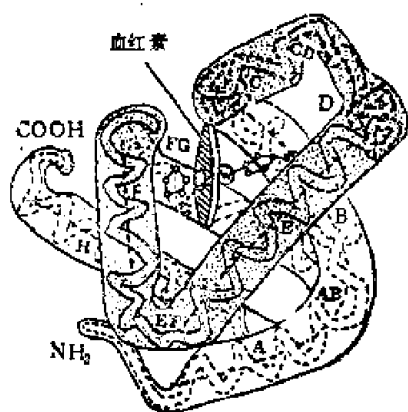


图1-7 肌红蛋白三级结构示意图

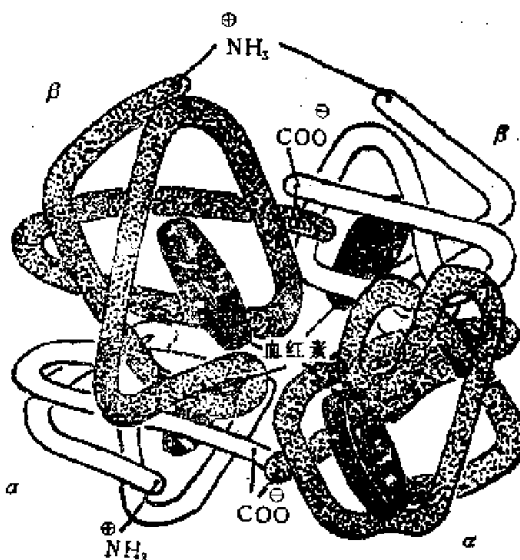


图1-8 血红蛋白四级结构示意图

五、蛋白质的四级结构

一些蛋白质分子是由两条或两条以上具有独立三级结构的多肽链通过副键聚合而成的，这就成为具有四级结构的蛋白质。其中每个具有独立三级结构的多肽链称为亚基（或亚单位）。亚基的空间排布称为四级结构。一种蛋白质中，各亚基结构可以相同，也可不同。如血红蛋白是由两个 α -亚基与两个 β -亚基形成的四聚体（图1-8）。亚基之间不存在共价键。

第三节 蛋白质结构与功能的关系

蛋白质的结构决定它的性质与功能。各种蛋白质具有的特定生物功能都是与其特定的结构紧密联系的。研究蛋白质结构与功能的关系在分子生物学中具有重要的意义。

一、蛋白质一级结构与功能的关系

（一）相似结构具有相似的功能

从不同哺乳动物胰脏中分离出来的胰岛素，都由A链（21个氨基酸残基）和B链（30个氨基酸残基）构成（参见图1-2）。不同来源胰岛素的氨基酸排列顺序虽不完全一样，但却十分相似，分子量也几乎相等。它们的构象也相类似，因此它们都具有降低血糖的生物学功能。又如，促肾上腺皮质激素（ACTH）和促黑素细胞激素（MSH）均为垂体分泌的多肽激素。ACTH与 α -MSH的第4~10位氨基酸排列顺序及 β -MSH第11~17位相同（图1-9），所以ACTH也具