

CHENGREN

GAODENG

JIAOYU

JICHU

YIXUE

JIAOCAI



成人高等教育基础医学教材

总主编 赵 群 陈金宝

生 物 化 学

SHENGWU HUAXUE

主 编 于爱鸣

上海科学技术出版社

第1章 绪论
第2章 蛋白质
第3章 核酸
第4章 酶
第5章 生物膜
第6章 细胞信号转导
第7章 细胞周期与细胞凋亡
第8章 植物细胞与植物组织
第9章 动物细胞与动物组织
第10章 微生物与免疫
第11章 遗传学
第12章 分子生物学
第13章 生物技术
第14章 生物化学与人类健康



人民卫生出版社

ISBN 7-117-08000-0

生物化学

（第2版）

（第2版）

（第2版）

成人高等教育基础医学教材

生 物 化 学

Shengwu Huaxue

主 编 于爱鸣

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物化学/于爱鸣主编. —上海:上海科学技术出版社,
2011.7

成人高等教育基础医学教材

ISBN 978-7-5478-0844-3

I. ①生... II. ①于... III. ①生物化学—成人
高等教育—教材 IV. ①Q5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 104119 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上 海 科 学 技 术 出 版 社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张:24.75

字数:600 千字

2011 年 7 月第 1 版 2011 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-0844-3/R·256

定价:50.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向工厂联系调换

编写委员会

■ 主任委员 赵 群

■ 副主任委员 陈金宝

■ 委 员 (以姓氏笔画为序)

于爱鸣	王 健	王世伟	王丽宇	王怀良
王艳梅	王爱平	方 瑾	孔垂泽	田 静
邢 花	朱闻溪	刘 宇	刘俊亭	刘彩霞
汤艳清	孙田杰	孙海涛	苏兰若	李 丹
李小寒	李红丽	李栢林	李福才	肖卫国
邱 峰	佟晓杰	邱雪杉	张 波	张东方
张喜轩	陈 磊	苑秀华	范 玲	罗恩杰
孟胜男	孟繁浩	赵 斌	赵成海	施万英
祝 峥	袁长季	钱 聪	徐甲芬	高丽红
曹 宇	蔡际群	翟效月	颜红炜	潘兴瑜
潘颖丽	薛辛东	魏敏杰		

■ 教材编写办公室

刘 强 刘伟韬

成人高等教育基础医学教材

生物化学

编委会名单

■ 主 编 于爱鸣

■ 编 委 (以姓氏笔画为序)

王华芹 邢 伟 关一夫

孙黎光 李雪松 张 杰

武迪迪 宿文辉

前 言

近年来,随着高等医学教育的迅速发展,全日制本科医药类教材建设得到了长足的进步,教材体系日益完善,品种迅速增多,质量逐渐提高。然而,针对成人护理学及药学专业高等教育教材,能够充分体现以教师为主导、以学生为主体、以学生自主学习为主模式的教材,可供选择的并不多。根据教育部《关于普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神,为了进一步提高成人高等教育护理学及药学专业教材的质量,更好地把握 21 世纪成人高等教育护理学及药学内容和课程体系的改革方向,以中国医科大学为主,聘请了北京大学、复旦大学、中山大学、西安交通大学、江南大学、卫生部中日友好医院、辽宁中医药大学、沈阳药科大学、沈阳医学院和澳门理工学院等单位的专家编写了本系列教材,由上海科学技术出版社出版。本系列教材分为成人高等教育基础医学教材和成人高等教育护理学专业教材、成人高等教育药学专业教材,前者供护理学及药学专业学生使用,后两者分别为护理学及药学的专业教材。

本系列教材编排新颖、版式紧凑、层次清晰、结构合理。每章由三大部分组成:第一部分是导学,告知同学本章需要掌握的内容和重点难点,以方便教师教学和学生有目的地学习相关内容;第二部分是具体学习内容,力求体现科学性、适用性和易读性的特点;第三部分是复习题,便于学生课后复习,其中选择题和判断题的答案附于书后。

本系列教材的使用对象主要为护理学及药学专业的高起本、高起专和专升本三个层次的学生。其中,对高起本和专升本层次的学习要求相同,对高起专层次的学习要求在每章导学部分予以说明。本系列教材中的基础医学教材也适用于其他相关医学专业。

除了教材外,我们还将通过中国医科大学网络教育平台(<http://des.cmu.edu.cn>)提供与教材配套的教学大纲、网络课件、电子教案、教学资源、网上练习、模拟测试等,为学生自主学习提供多种资源,建造一个立体化的学习环境。

为了确保本系列教材的编写进度和质量,我们成立了教材编写委员会。编写委员会主任委员由中国医科大学校长赵群教授担任,副主任委员由中国医科大学网络教育学院常务副院长陈金宝教授担任。编写委员会下设教材编写办公室,由刘强和刘伟韬同志负责各分册协调和部分编务工作等。教材部分绘图工作由齐亚力同志完成。

由于时间仓促,任务繁重,在教材编写中难免存在不足,恳请广大教师、学生和读者惠予指正,使本系列教材更臻完善,成为科学性强、教学效果更好、更符合现代成人高等教育要求的精品教材。

成人高等教育护理学及药学专业教材

编写委员会

2011 年 5 月

编写说明

近年来,随着信息化社会的全面发展,传统教学模式已无法满足现代化教育的需要,教育模式转变势在必行,成人教育应运而生。然而,已出版的教材虽然种类繁多,但主要面向不同层次的全日制在校学生,很少针对成人教育的学生。为了给医学成人教育的学生创造一个良好的、立体化的学习环境,提供一部适合成人教育学生自学的教材尤其重要。

生物化学是研究生物体的物质组成、代谢和功能的科学,在分子水平上探讨生命现象的本质。基础医学、临床医学、预防医学是医学的三大分支,生物化学作为基础医学的重要学科,占有举足轻重的地位。生物化学发展迅速,其理论与技术已广泛应用于疾病的预防、诊断和治疗,极大地推动了临床医学和预防医学的蓬勃发展。

《生物化学》(成人高等教育基础医学教材)是在中国医科大学网络教育学院领导的倡导下,经中国医科大学学校领导决定组织编写的。在实施编写过程中,中国医科大学网络教育学院护理学及药学专业教材编写办公室专门组织了主编会议,对整套教材的编写提出了具体的指导意见。本教材就是按照“科学性、适应性、精品性”的总则和教材编写要求完成编写的。

本教材具有三大特点。一是具有“三重功能”,即将教学大纲、教材、习题册内容集于一身,实用性强。教材各章中第一部分导学包括内容及要求,重点、难点,可视为浓缩版的教学大纲,第三部分为复习题,对比同类教材,习题多、类型全,且附有选择题答案,有利于学生更好地掌握、熟悉教学重点内容。二是体现“三基”为主,即考虑到成人教育学生的实际情况和教学时数,本教材主要介绍生物化学与分子生物学的基本理论、基本知识、基本技术,对于有关发展史及科研的最新进展仅做简要叙述,教学目标明确,教学重点突出。三是面向“专本双层”,即本教材能够满足本科、专科两个层次的成人医学教育学生的教学要求,教学对象具体,针对性强。

本教材实行主编责任制,按照编者特点分工编写,书稿完成后,由主编进行审定。本教材的第一章和第二章由关一夫编写,第三章和第九章由孙黎光编写,第四章、第五章和第六章由爱鸣编写,第七章和第八章由邢伟编写,第十章和第十五章由李雪松编写,第十一章和第十四章由张杰编写,第十二章和第十三章由王华芹编写,第十六章和第十八章由武迪迪编写,第十七章由宿文辉编写。

本教材的全部内容供本科学生使用,在各章导学中的“专科生的要求”一项明确了哪些具体内容对专科学生不做要求。

在教材编写过程中,编者尽到了最大努力,但由于水平有限,时间又较为仓促,本教材仍难免存在一些缺欠或不当之处,敬请专家、同行和读者批评指正,我们定会虚心接受,今后加以改进完善。

《生物化学》编委会

2011年5月

目 录

■ 第一章 蛋白质的结构和功能 / 1

第一节 蛋白质的分子组成 / 2

一、氨基酸 / 2

二、肽 / 5

第二节 蛋白质的分子结构 / 7

一、蛋白质的一级结构 / 7

二、蛋白质的二级结构 / 7

三、蛋白质的三级结构 / 10

四、蛋白质的四级结构 / 11

五、蛋白质的分类 / 12

第三节 蛋白质结构与功能的关系 / 13

一、蛋白质的一级结构与功能之间的关系 / 13

二、蛋白质的空间结构与功能之间的关系 / 15

三、功能蛋白实例——血红蛋白 / 15

四、结构蛋白实例——胶原蛋白 / 17

第四节 蛋白质的理化特性 / 19

一、两性电离特性 / 19

二、紫外吸收性质 / 19

三、水化膜和表面电荷 / 20

四、呈色反应 / 20

五、蛋白质的变性和复性 / 20

第五节 蛋白质的分离及分析 / 21

一、蛋白质的分离和纯化 / 21

二、蛋白质的序列分析 / 25

三、蛋白质的空间结构分析 / 27

四、蛋白质组学 / 27

■ 第二章 核酸的结构与功能 / 34

第一节 核酸的化学组成 / 35

一、核苷酸 / 35

二、DNA / 37

三、RNA / 38

四、DNA 的一级结构 / 38

第二节 DNA 的空间结构与功能 / 39

一、DNA 的二级结构 / 39

二、DNA 的高级结构 / 42

三、DNA 的功能 / 43

第三节 RNA 的结构与功能 / 44

一、mRNA / 44

二、tRNA / 46

三、rRNA / 47

四、snmRNA / 48

五、核酸在真核细胞和原核细胞中的表达 / 49

第四节 核酸的理化性质 / 50

一、核酸的高分子特性和较强的酸性 / 50

二、核酸分子的紫外吸收 / 51

三、DNA 变性 / 51

四、核酸分子杂交 / 52

第五节 核酸酶 / 53

■ 第三章 酶 / 57

第一节 酶的结构与功能 / 58

一、酶的分子组成 / 58

二、酶结构与功能的关系 / 59

第二节 酶的命名与分类 / 62

一、酶的命名 / 62

二、酶的分类 / 63

第三节 酶促反应的特点及机制 / 63

一、酶促反应的特点 / 63

二、酶促反应的机制 / 65

第四节 酶促反应动力学 / 67

一、底物浓度对酶促反应速率的影响 / 67

二、酶浓度对酶促反应速率的影响 / 70

三、pH 对酶促反应速率的影响 / 70

四、温度对酶促反应速率的影响 / 71

五、抑制剂对酶促反应速率的影响 / 71

六、激活剂对酶促反应速率的影响 / 75

第五节 酶的调节 / 75

一、酶活性的调节 / 75

二、酶含量的调节 / 78

第六节 酶与医学 / 78

一、酶与疾病的发生 / 78

二、酶与疾病的诊断 / 79

三、酶与疾病的治疗 / 80

四、酶在医药学上的其他应用 / 80

■ ■ ■ 第四章 糖代谢 / 86

第一节 概述 / 87

一、糖的生理功能 / 87

二、糖的消化吸收 / 88

三、糖代谢的概况 / 88

第二节 糖的无氧分解 / 89

一、糖酵解的反应过程 / 89

二、糖酵解的能量生成 / 91

三、糖酵解的调节 / 92

四、糖酵解的生理意义 / 92

第三节 糖的有氧氧化 / 93

一、糖有氧氧化的反应过程 / 93

二、有氧氧化生成的 ATP / 97

三、糖有氧氧化的调节 / 98

四、巴斯德效应 / 98

第四节 磷酸戊糖途径 / 99

一、磷酸戊糖途径的反应过程 / 99

二、磷酸戊糖途径的调节 / 100

三、磷酸戊糖途径的生理意义 / 100

第五节 糖原代谢 / 101

一、糖原合成代谢 / 101

二、糖原分解代谢 / 103

三、糖原代谢的调节 / 104

四、糖原累积症 / 104

第六节 糖异生 / 105

一、糖异生途径 / 105

二、糖异生的调节 / 106

三、乳酸循环 / 106

四、糖异生的生理意义 / 106

第七节 血糖及其调节 / 108

一、血糖的来源与去路 / 108

二、血糖浓度的激素调节 / 109

三、血糖浓度的异常 / 109

■ ■ ■ 第五章 脂类代谢 / 117

第一节 概述 / 118

一、脂肪酸的命名及其分类 / 118

二、脂类的消化与吸收 / 118

第二节 三酰甘油代谢 / 119

一、三酰甘油的分解代谢 / 119

二、三酰甘油的合成代谢 / 123

第三节 磷脂代谢 / 127

一、甘油磷脂的组成、分类及结构 / 127

二、甘油磷脂的合成 / 127

三、甘油磷脂的降解 / 129

第四节 胆固醇代谢 / 129

一、胆固醇的合成 / 129

二、胆固醇酯的生成 / 130

三、胆固醇在体内的转化 / 131

第五节 血浆脂蛋白代谢 / 131

一、血脂 / 131

二、血浆脂蛋白的分类、组成及其结构 / 132

三、载脂蛋白 / 133

四、血浆脂蛋白的代谢和功能 / 134

五、血浆脂蛋白代谢的异常 / 136

■ ■ ■ 第六章 生物氧化 / 144

第一节 生成 ATP 的氧化体系 / 145

一、呼吸链 / 145

- 二、氧化磷酸化 / 150
- 三、影响氧化磷酸化的因素 / 152
- 四、ATP / 153
- 五、通过线粒体内膜的物质转运 / 154

第二节 其他氧化体系 / 156

- 一、氧化酶和需氧脱氢酶 / 156
- 二、过氧化物酶 / 156
- 三、加氧酶 / 156
- 四、超氧歧化酶 / 157

■ 第七章 氨基酸代谢 / 162

第一节 蛋白质的营养作用 / 163

- 一、蛋白质营养的重要性 / 163
- 二、蛋白质的需要量 / 163
- 三、蛋白质的营养价值 / 163

第二节 蛋白质的消化与腐败 / 164

- 一、蛋白质的消化 / 164
- 二、蛋白质的腐败作用 / 164
- 三、体内蛋白质的降解 / 165

第三节 氨基酸的一般代谢 / 165

- 一、氨基酸的脱氨基作用 / 166
- 二、氨的代谢 / 168
- 三、 α -酮酸的代谢 / 171

第四节 个别氨基酸的代谢 / 172

- 一、氨基酸的脱羧基作用 / 172
- 二、一碳单位的代谢 / 173
- 三、含硫氨基酸的代谢 / 174
- 四、芳香族氨基酸的代谢 / 177
- 五、支链氨基酸的代谢 / 178

■ 第八章 核苷酸代谢 / 184

第一节 嘌呤核苷酸代谢 / 185

- 一、嘌呤核苷酸的合成代谢 / 185
- 二、嘌呤核苷酸的分解代谢 / 190

第二节 嘧啶核苷酸代谢 / 191

- 一、嘧啶核苷酸的合成代谢 / 191
- 二、嘧啶核苷酸的分解代谢 / 194

■ 第九章 物质代谢的调节 / 199

第一节 物质代谢特点 / 200

- 一、生物体内各种物质代谢途径的

联系 / 200

二、酶在细胞内的区域化分布 / 202

三、重要器官与组织的代谢特点 / 202

第二节 物质代谢调节 / 203

一、细胞水平的代谢调节 / 203

二、激素水平的代谢调节 / 207

三、整体水平的代谢调节 / 208

■ 第十章 DNA 的生物合成

(复制) / 217

第一节 DNA 复制的方式 / 218

第二节 DNA 复制的特点 / 219

第三节 DNA 复制的酶学 / 220

一、DNA 聚合酶 / 220

二、解链酶 / 222

三、DNA 拓扑异构酶 / 222

四、单链 DNA 结合蛋白 / 223

五、引发酶 / 223

六、DNA 连接酶 / 223

第四节 DNA 复制的过程 / 224

一、DNA 复制的起始 / 224

二、DNA 复制的延长 / 226

三、DNA 复制的终止 / 227

第五节 一些特殊的 DNA 生物合成过程 / 229

第六节 DNA 的损伤及损伤修复 / 230

一、DNA 的损伤 / 231

二、DNA 损伤的修复 / 233

■ 第十一章 RNA 的生物合成

(转录) / 241

第一节 转录的模板和酶 / 242

一、不对称转录 / 242

二、RNA 聚合酶 / 243

第二节 转录过程 / 246

一、原核生物的转录过程 / 246

二、真核生物的转录过程 / 247

第三节 真核生物的转录后加工 / 249

一、真核生物 mRNA 的转录后加工 / 249

二、tRNA 的转录后加工 / 252

三、rRNA 的转录后加工 / 252

第四节 核酶 / 253

第十二章 蛋白质的生物合成

(翻译) / 260

第一节 蛋白质生物合成体系 / 261

- 一、mRNA / 261
- 二、tRNA / 263
- 三、rRNA / 263
- 四、蛋白质合成体系中其他成分 / 264

第二节 蛋白质合成的过程 / 264

- 一、氨基酸活化 / 265
- 二、翻译起始阶段 / 265
- 三、肽链延长阶段 / 268
- 四、肽链合成终止阶段 / 269
- 五、多核糖体 / 270
- 六、真核生物与原核生物蛋白质合成的异同 / 270

第三节 蛋白质翻译后修饰加工和 输送 / 271

- 一、新生肽链的折叠 / 271
- 二、一级结构的加工修饰 / 272
- 三、高级结构的修饰 / 273
- 四、蛋白质合成后的靶向输送 / 273

第四节 蛋白质生物合成的干扰和 抑制 / 274

- 一、抗生素 / 274
- 二、干扰蛋白质生物合成的生物活性物质 / 275

第十三章 基因表达调控 / 282

第一节 基因表达调控的基本概念与 原理 / 283

- 一、基因表达的基本概念 / 283
- 二、基因表达的特点 / 284
- 三、基因表达调控的生物学意义 / 285

第二节 基因表达调控的基本原理 / 286

- 一、基因表达的多级调控 / 286
- 二、基因转录激活调节基本要素 / 286
- 三、基因表达调控的基本规律 / 287

第三节 原核生物基因表达的调控 / 288

- 一、原核生物基因表达调控的特点 / 288

二、操纵子 / 288

三、乳糖操纵子 / 289

四、色氨酸操纵子 / 291

五、原核生物翻译水平调节 / 291

第四节 真核生物基因表达的调控 / 292

- 一、真核基因组结构特点 / 292
- 二、真核基因表达调控特点 / 293
- 三、真核基因转录水平的调控 / 294
- 四、真核基因转录后调控 / 296

第十四章 基因重组与基因 工程 / 302

第一节 自然界的基因重组 / 303

- 一、细菌之间的基因转移 / 303
- 二、自然界的基因重组 / 304

第二节 基因重组技术相关概念 / 306

- 一、基因重组的工具酶 / 306
- 二、基因重组的载体 / 308
- 三、目的基因 / 310

第三节 基因重组技术的基本过程 / 310

- 一、目的基因的获取 / 310
- 二、载体的构建与选择 / 312
- 三、目的基因与载体的连接 / 312
- 四、重组 DNA 分子的细胞内导入 / 313
- 五、筛选与鉴定 / 314
- 六、基因表达 / 315

第十五章 细胞信号转导 / 320

第一节 概述 / 321

- 一、细胞间信息物质 / 321
- 二、受体 / 321

第二节 细胞内信号转导分子 / 323

- 一、G 蛋白 / 323
- 二、第二信使 / 325
- 三、蛋白激酶和蛋白磷酸酶 / 326

第三节 G 蛋白偶联受体的信号转导 机制 / 329

- 一、cAMP - PKA 信号转导途径 / 329
- 二、IP₃/DAG - PKC 信号转导通路 / 330

第四节 酶偶联受体的信号转导机制 / 331

- 一、酪氨酸蛋白激酶型受体的信号转导

途径 / 331

二、非酪氨酸蛋白激酶型受体介导的信号转导途径 / 332

三、具有 GC 活性受体的信号转导途径 / 334

四、具有丝/苏氨酸蛋白激酶活性受体的信号转导途径 / 334

五、NF- κ B 信号转导通路 / 335

第五节 胞内受体信号转导通路 / 335

第六节 细胞信号转导与疾病 / 335

■ 第十六章 血液的生物化学 / 342

第一节 血浆蛋白质 / 343

一、血浆蛋白质的分离 / 343

二、血浆蛋白质的性质 / 344

第二节 红细胞代谢 / 344

一、红细胞的代谢 / 344

二、血红蛋白的生成 / 345

三、与红细胞相关的疾病 / 348

第三节 白细胞的代谢 / 349

一、白细胞中的物质代谢 / 349

二、白细胞中重要的酶和蛋白质 / 349

■ 第十七章 肝的生物化学 / 351

第一节 肝在物质代谢中的作用 / 352

一、肝在糖代谢中的作用 / 352

二、肝在脂类代谢中的作用 / 352

三、肝在蛋白质代谢中的作用 / 353

四、肝在维生素代谢中的作用 / 353

五、肝在激素的灭活中的作用 / 353

第二节 肝的生物转化作用 / 353

一、生物转化 / 353

二、生物转化反应类型及酶系 / 354

三、生物转化作用的影响因素 / 357

第三节 胆汁与胆汁酸的代谢 / 357

一、胆汁 / 357

二、胆汁酸的分类 / 357

三、初级胆汁酸的生成 / 358

四、次级胆汁酸的生成 / 359

五、胆汁酸的肠肝循环 / 359

六、胆汁酸的主要功能 / 359

第四节 胆色素的代谢与黄疸 / 359

一、胆红素的生成与运输 / 360

二、胆红素在肝中的转变 / 361

三、胆红素在肠道中的转变与胆素原的肠肝循环 / 362

四、黄疸 / 363

■ 第十八章 癌基因、抑癌基因与生长因子 / 366

第一节 癌基因 / 367

一、病毒癌基因 / 367

二、细胞癌基因 / 368

三、原癌基因活化的机制 / 369

四、原癌基因的产物及功能 / 370

第二节 抑癌基因 / 370

一、常见的抑癌基因 / 370

二、抑癌基因的作用机制 / 370

第三节 生长因子 / 371

■ 参考答案 / 374

■ 参考文献 / 378

第一章

蛋白质的结构和功能

导 学

内容及要求

蛋白质的结构和功能包括四个部分:蛋白质的分子组成、蛋白质的分子结构、蛋白质的理化特性以及研究蛋白质所使用的技术和方法。

蛋白质的分子组成主要介绍氨基酸的种类、肽键的形成以及生物活性肽。应重点掌握氨基酸的特征、分类和肽键的形成;熟悉谷胱甘肽的特征和生物学意义。

蛋白质的分子结构主要介绍蛋白质的一级结构、二级结构、三级结构和四级结构,以及模体和结构域的概念。此外,还以血红蛋白和肌红蛋白为例介绍了功能蛋白的特性,以胶原蛋白介绍了结构蛋白的特征。应重点掌握肽平面、各级结构的结构特征以及稳定各级结构的非共价作用力,掌握蛋白质的变构效应和协同效应的概念;熟悉蛋白质各级结构之间的关系,蛋白质结构与概念的关系;了解分子伴侣与蛋白质折叠的关系。

蛋白质的理化特性主要介绍氨基酸蛋白质的两性电离、氨基酸和蛋白质的紫外吸收、蛋白质的水化膜以及蛋白质的变性与复性。应重点掌握蛋白质的两性电离、蛋白质的紫外吸收,以及蛋白质的变性与复性。了解蛋白质的呈色反应。

研究蛋白质所使用的技术和方法主要介绍分离和纯化蛋白质的方法(离心、透析、盐析),介绍分析蛋白质的层析和电泳技术,介绍解析蛋白质一级结构和空间结构的方法和蛋白质组学。应重点掌握离心、透析、盐析、层析和电泳技术的原理;熟悉各个技术的应用范围;了解解析蛋白质一级结构和空间结构的方法。

重点、难点

蛋白质的结构和功能的重点是第一节蛋白质的分子



- 蛋白质的分子组成
- 蛋白质的分子结构
- 蛋白质结构与功能的关系
- 蛋白质的理化特性
- 蛋白质的分离及分析

组成、第二节蛋白质的分子结构、第五节蛋白质的理化特性和第六节蛋白质的分离及分析。其难点是蛋白质的空间结构以及与概念的关系。

专科生的要求

专科层次的学生应该对第一节蛋白质的分子组成、第二节蛋白质的分子结构和第四节蛋白质的理化特性有基本的了解；能够熟悉第四节蛋白质的分类与功能和第六节蛋白质的分离及分析。

蛋白质(protein)是由氨基酸(amino acid)组成的生物大分子,是最重要的生命活动的载体。生物体内的蛋白质含量丰富,结构复杂,分布广泛,种类繁多,功能各异。蛋白质约占人体固体成分的45%,在细胞中可达细胞干重的70%以上。人体内各种各样的酶、抗体、受体、转录因子、多肽激素、基因调控蛋白等都是蛋白质。它们在物质代谢、基因表达、机体防御、协调运动、细胞信号转导、异源物质识别等方面具有不可替代的作用。它与核酸、脂等其他生物分子共同构成了生命的物质基础。

第一节 蛋白质的分子组成

蛋白质的主要化学成分是碳(50%~55%)、氢(6%~7%)、氧(19%~24%)、氮(13%~19%)和硫(0~4%)。有些蛋白质含有少量的磷或金属元素铁、铜、锌、碘、硒等。蛋白质是体内主要的含氮物质,不同蛋白质的含氮量很接近,约为16%。因此可根据生物样品中的含氮量由下面的公式推算出样品中的蛋白质含量。

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

一、氨基酸

1. 氨基酸的结构通式 氨基酸是组成蛋白质的基本单位。存在于自然界中的氨基酸有300余种,但是构成人体内蛋白质的编码氨基酸仅有20种,并且都具有L- α -构型(甘氨酸除外)。自然界中也有D-构型的氨基酸,但是大多存在于某些细胞产生的抗生素及个别植物的生物碱中。

氨基酸是带有氨基的有机酸,连接在中心碳原子的4个基团分别是氨基($-\text{NH}_2$)或亚氨基($-\text{NH}-$)、羧基($-\text{COOH}$)、氢原子($-\text{H}$)和侧链($-\text{R}$)。这表明中心碳原子是一个手性原子,因此,氨基酸具有光学活性(图1-1)。

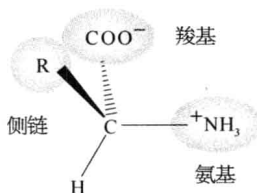


图1-1 L-氨基酸的化学结构通式

2. 氨基酸的分类 根据氨基酸侧链(side chain)的结构、电离状态以及疏水特性,20种氨基酸可以分为四类(表1-1)。

表 1-1 构成蛋白质的 20 种编码氨基酸

中文名	英文名	化学结构式	三字 符号	一字 符号	等电点 (pI)	分子量 (D _r)
非极性的疏水性氨基酸						
甘氨酸(甘)	Glycine	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Gly	G	5.97	77
丙氨酸(丙)	Alanine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Ala	A	6.00	89
缬氨酸(缬)	Valine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \text{ NH}_3^+ \end{array}$	Val	V	5.96	117
亮氨酸(亮)	Leucine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \text{ NH}_3^+ \end{array}$	Leu	L	5.98	131
异亮氨酸(异亮)	Isoleucine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_3 \text{ NH}_3^+ \end{array}$	Ile	I	6.02	131
苯丙氨酸(苯)	Phenylalanine	$\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Phe	F	5.48	165
脯氨酸(脯)	Proline	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{CH}_2 \text{ NH}_3^+ \\ \\ \text{CH}_2 \end{array}$	Pro	P	6.30	115
极性的电中性氨基酸						
色氨酸(色)	Tryptophan	$\begin{array}{c} \text{C}_8\text{H}_7-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Trp	W	5.89	204
丝氨酸(丝)	Serine	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Ser	S	5.68	105
酪氨酸(酪)	Tyrosine	$\begin{array}{c} \text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Tyr	Y	5.66	181
半胱氨酸(半)	Cysteine	$\begin{array}{c} \text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Cys	C	5.07	121
甲硫氨酸(甲硫)	Methionine	$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Met	M	5.74	149
天冬酰胺(天胺)	Asparagine	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	Asn	N	5.41	132

(续表)

中文名	英文名	化学结构式	三字符号	一字符号	等电点 (pI)	分子量 (D _r)
谷氨酰胺(谷胺)	Glutamine	$\text{H}_2\text{N}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	Gln	Q	5.65	146
苏氨酸(苏)	Threonine	$\text{HO}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	Thr	T	5.60	119
酸性氨基酸						
天冬氨酸(天)	Aspartic acid	$\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	Asp	D	2.97	133
谷氨酸(谷)	Glutamic acid	$\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	Glu	E	3.22	147
碱性氨基酸						
赖氨酸(赖)	Lysine	$\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	Lys	K	9.74	146
精氨酸(精)	Arginine	$\text{NH}_2-\overset{\text{NH}}{\parallel}\text{C}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	Arg	R	10.76	174
组氨酸(组)	Histidine	$\begin{array}{c} \text{HC}=\text{C}-\text{CH}_2-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^- \\ \text{N} \quad \text{NH} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{CH}_2 \end{array}$	His	H	7.59	155

非极性的疏水性氨基酸的侧链含有碳氢链或芳香基团,因此水溶性较差;而极性的电中性氨基酸的侧链都具有形成氢键的能力,有较好的水溶性;酸性氨基酸的侧链都含有羧基;而碱性氨基酸的侧链分别含有氨基、胍基或咪唑基。

氨基酸的系统命名法是以羧基为母体的,其他碳原子依次用希腊字母 α , β , γ ……表示。因此连接侧链的碳原子称为 C_α 原子,连接在 C_α 原子上的氨基和羧基分别称为 α -氨基和 α -羧基,以示区别于侧链上的基团。

